Astronomia per tutti

Volume 6

Neofiti: Le sorprese del cielo notturno

Costellazioni: Scorpione e Bilancia

Astrofotografia: Fotografia al fuoco diretto

Ricerca amatoriale: Studio fotometrico di una stella variabile

Astrofisica: Le onde gravitazionali

Astronautica: L'esplorazione di Marte

Attualità: La vita nel Sistema Solare, parte 1

Domande e risposte

Daniele Gasparri

Daniele Gasparri

Astronomia per tutti: volume 6

Per vedere tutti i miei libri cliccare qui

Se vi siete persi gli altri volumi di astronomia per tutti, li trovate qui

Indice

Nel prossimo volume

In copertina: La grande nebulosa di Orione, visibile nelle notti autunnali e invernali, è il soggetto ideale per iniziare a fotografare il cielo attraverso il proprio telescopio. Per ottenere immagini come queste, però, serve tanta pratica e pazienza. Questo infatti rappresenta il punto d'arrivo della difficile arte della fotografia astronomica.

Mosaico di 15 immagini, ognuna formata da 3 esposizioni di 10 minuti ciascuna. Rifrattore apocromatico da 106 mm, camera CCD ST-7XME.

Presentazione

Con questo sesto volume concludiamo il viaggio nelle meraviglie del cielo accessibili a occhio nudo, indirizzando la nostra attenzione verso alcune sorprese estremamente gradite: meteore, satelliti e aurore polari.

Nella categoria della fotografia astronomica avvicineremo timidamente la nostra fotocamera digitale al telescopio, cercando di capire quali sono le difficoltà da affrontare nella fotografia al fuoco diretto, la più bella ma anche la più complessa.

Per quanto riguarda la ricerca astronomica vedremo come si effettua, tramite un apposito software, l'analisi fotometrica di una serie di immagini riprese con la tecnica della fotometria d'apertura. Questo ci consentirà di dare un aspetto professionale alle nostre sessioni di ricerca e di poter condividere i risultati con la comunità astronomica professionale.

L'argomento di astrofisica è in realtà anche di attualità, perché parleremo delle onde gravitazionali e dell'imponente sfida tecnologica che stiamo affrontando per cercarle di rilevare.

Ci proietteremo poi verso l'esplorazione di Marte, il nostro vicino e sicuramente il pianeta del Sistema Solare più simile alla Terra. Scrutarlo da vicino con gli occhi delle sonde robotiche ci permetterà di andare al vero nocciolo della questione: c'è, o c'è stata vita sulla sua superficie?

È una domanda da un milione di euro, le cui risposte potrebbero cambiare radicalmente la nostra concezione del Sistema Solare e dell'Universo stesso. E, forse, tracce di qualche attività batterica primordiale sono state trovate sin dagli anni 70, quando le sonde americane Viking fecero i primi e unici

esperimenti biologici, i cui risultati si discutono ancora oggi.

Daniele Gasparri
Maggio 2013

Neofiti

In questa sezione, che verrà estratta dai miei libri: "Primo incontro con il cielo stellato" e "Che spettacolo, ho visto Saturno!", affronterò insieme a tutti gli appassionati il difficile ma appassionante cammino verso l'osservazione consapevole dell'Universo e dei fantastici oggetti che ci nasconde.

Si tratta di un vero e proprio corso di astronomia di base, che parte dalle fondamenta per giungere, con la dovuta calma e

pazienza, alla scelta del telescopio e ai consigli sugli oggetti celesti da osservare.

Per ora limitiamoci a familiarizzare con l'astronomia, a capire di cosa parla e quali corpi e fenomeni troverete lungo il cammino.

Un consiglio prima di iniziare: preparatevi a grandi sorprese!

Le sorprese da osservare a occhio nudo

La contemplazione a occhio nudo del cielo non si limita di certo solamente alla Luna, pianeti, costellazioni e qualche brillante oggetto del cielo profondo.

I nostri occhi sono gli strumenti più indicati anche per ammirare tutta una serie di spettacoli in grado di sorprenderci ed emozionarci, anche da cieli non particolarmente scuri.

Satelliti artificiali

In una notte priva della Luna e lontano dalle luci delle città noterete ben presto, in prima serata, dei punti luminosi simili ad aerei solcare il cielo in ogni direzione.

Alcuni di essi sono molto brillanti, altri cambiano luminosità nel giro di una manciata di secondi, parecchi a un certo punto sembrano scomparire nel nulla.

Non state osservando oggetti volanti non identificati, ma alcuni delle migliaia di manufatti lanciati dall'uomo in orbita attorno al nostro pianeta: i satelliti artificiali.

Alcuni satelliti possono diventare più brillanti di Giove o persino Venere, come nel caso della stazione spaziale internazionale (ISS) perfettamente visibile a occhio nudo solcare il cielo a una velocità leggermente superiore a quella di un aereo.

I satelliti della classe Iridium sono i più spettacolari, perché danno luogo a dei veri e propri lampi (flash) della durata di una manciata di secondi, nei quali la loro luminosità aumenta di decine di volte.

Questi satelliti dispongono di un’antenna altamente riflettente; quando essa convoglia la luce solare (tutti i satelliti brillano per riflessione della luce solare verso terra) nel vostro luogo di osservazione, il satellite può raggiungere anche magnitudine -8, vale a dire oltre 150 volte maggiore della luminosità di Giove!

Alcune risorse web consentono di prevedere con estrema precisione i passaggi dei satelliti artificiali più brillanti; vi consiglio quindi di dare un’occhiata su www.heavens-above.com o www.calsky.org per capire quanti e quali saranno visibili alle vostre coordinate geografiche e, perché no, stupire i vostri inconsapevoli amici, che resteranno di sasso quando sotto il cielo gli direte che entro pochi secondi si accenderà una luce, indicandone pure la direzione.

Doppio flash di due satelliti Iridium, molto più luminosi del pianeta Giove.

Meteore

Le emozionanti stelle cadenti sono dette meteore nel gergo astronomico.

A prescindere da quale sia il termine da voi preferito, si tratta probabilmente di uno degli spettacoli più belli da osservare a occhio nudo.

Fisicamente le meteore sono dei piccoli granelli di materiale proveniente dallo spazio (generalmente ferrosi), dalle dimensioni comprese tra un granello di sabbia e una pallina da ping-pong, che entrano a grande velocità nell'atmosfera della Terra.

Nell'impatto con gli strati più densi del nostro involucro atmosferico, a una quota di circa 80 km, bruciano letteralmente, dando vita alla classica strisciata che possiamo osservare sotto un cielo buio.

Le meteore sono eventi molto veloci (al massimo uno-due secondi), imprevedibili e percorrono diversi gradi di cielo, quindi il nostro occhio rappresenta lo strumento migliore di cui possiamo disporre per la loro proficua osservazione.

In una notte qualsiasi, in poche ore di osservazione potrete contare almeno una decina di meteore sparse per il cielo, dette sporadiche, a testimonianza che lo spazio interplanetario non è mai perfettamente vuoto.

In certi giorni dell'anno, il numero di meteore aumenta repentinamente, mentre la direzione non è più casuale. Durante gli sciami meteorici, la Terra, nel suo percorso intorno al Sole, incontra delle concentrazioni di detriti che danno vita alle famose piogge di meteore.

Il nome degli sciami non è casuale, ma identifica quello che si chiama radiante. Esso è un punto immaginario dal quale

sembrano provenire le meteore.

In corrispondenza dei massimi delle più importanti piogge meteoriche, vedrete la grande maggioranza di esse provenire proprio da questo punto; è in questa zona di cielo, quindi, che avrete la maggior possibilità di osservarle.

Probabilmente molti di voi conosceranno le stelle cadenti che si possono ammirare la notte di San Lorenzo (meglio, tra il 12 e 13 Agosto). In realtà in un anno gli appuntamenti con le piogge meteoriche sono diversi; ecco i più importanti:

- Quadrantidi: meteore che raggiungono il picco il 3 Gennaio di ogni anno, con un'attività abbastanza sostenuta, intorno alle 120 meteore l'ora. Questo dato è detto ZHR (Zenithal Hourly Rate) e identifica il numero massimo di meteore che è possibile osservare in un'ora in condizioni perfette, vale a dire da un cielo incontaminato, con il radiante allo zenit e senza il disturbo lunare. Per cieli mediamente scuri e radiante alto circa 40°, il numero massimo di meteore effettivamente visibili è circa il 30-50%. In questo caso, quindi, possiamo assistere a qualcosa come 50-60 meteore l'ora (circa una ogni minuto, non male!) se guardiamo in direzione della costellazione del Pastore (Bootes). La denominazione deriva da un'antica costellazione, il quadrante, le cui stelle oggi sono attribuite a Bootes.
- Liridi: picco tra il 21 e 22 Aprile di ogni anno, hanno come radiante la costellazione della Lira. Si tratta di uno sciame modesto, che produce al massimo 20 meteore l'ora.
- Eta Aquaridi: meteore il cui radiante si trova

nei pressi della stella Eta della costellazione dell'Acquario. Il massimo è raggiunto il 6 Maggio, con uno ZHR pari a 60.

- Arietidi: picco il 7 Giugno, con ZHR pari a 54 e radiante nella costellazione dell'Ariete
- Perseidi: le meteore più famose, hanno il loro picco il 12 Agosto, con uno ZHR medio pari a 90 (piuttosto elevato, ecco perché sono le più famose!) e radiante nella costellazione del Perseo, ben visibile solo nella seconda metà della notte
- Draconidi: meteore piuttosto irregolari. Per anni possono risultare quasi inattive, mentre in alcune circostanze, come nel 2011, dare origini a piogge di oltre 300 meteore l'ora. Il picco si verifica l'8 Ottobre di ogni anno e il radiante si trova nella costellazione del Drago (Draco in latino)
- Orionidi: sciame un po' debole con un massimo tra il 20 e 21 Ottobre e radiante situato nella parte nord della costellazione di Orione. ZHR debole, non superiore a 20. Data anche la bassa altezza della costellazione, è difficile osservare più di 10 meteore l'ora in condizioni ideali.
- Leonidi: altro sciame famoso, visto che in passato, come nel 1999 ha dato vita a degli spettacoli davvero memorabili, con diverse centinaia di brillanti meteore visibili in un'ora. Purtroppo l'attività dello sciame è molto irregolare e generalmente bassa per diversi anni. Il radiante si trova nella costellazione del Leone, il picco è raggiunto tra il 16 e 17 Novembre, quindi per osservare al meglio la costellazione bisogna

aspettare la mattina poco prima dell’alba.

Le meteore più grandi della media (circa come una pallina da ping pong o più grandi) producono una scia estremamente brillante, a volte maggiore della luminosità di Giove. Stiamo osservando quelli che vengono definiti bolidi, abbastanza rari, ma veramente spettacolari.

Quando la meteora ha dimensioni maggiori, la sua luminosità può diventare addirittura maggiore di quella della Luna piena, con colorazioni variabili e a volte delle esplosioni che la fanno frammentare. Questi sono detti superbolidi e sono molto rari (circa uno ogni anno).

In ogni caso c’è da stare tranquilli: è estremamente improbabile che un frammento di queste grandi meteore arrivi in terra e possa causare danni. Godetevi quindi in tutta serenità questo magnifico spettacolo.

Pioggia di stelle cadenti del 1999 (Leonidi). Le meteore sono lo spettacolo più bello da osservare a occhio nudo. Nessun telescopio vi potrà mai dare un campo di vista così grande da consentirvi una migliore osservazione.

Aurore polari

Le aurore polari (boreali se si verificano nell'emisfero nord, australi per quello sud), sono dei magnifici giochi di luce, riservati purtroppo solamente agli osservatori situati oltre i 50° di latitudine (nord o sud), alla cui base c'è una stretta "collaborazione" tra il Sole, il campo magnetico terrestre e le molecole di ossigeno degli strati più alti dell'atmosfera.

Il Sole, soprattutto nel massimo della sua attività (che raggiunge ogni 11 anni) emette in modo continuo quello che è definito vento solare: un flusso di particelle cariche (protoni, nuclei di elio) che si perde nello spazio.

Quando le particelle giungono in prossimità del nostro pianeta, il campo magnetico le devia e impedisce loro di raggiungere la superficie, salvaguardando tutte le specie viventi che altrimenti risulterebbero seriamente danneggiate. Una piccola quantità di queste particelle, a causa della particolare forma del campo magnetico terrestre, viene catturata e deviata verso le regioni polari, penetrando nell'atmosfera terrestre.

Quando queste particelle incontrano gli atomi di ossigeno presenti negli strati più alti (circa 600-1000 km), collidono e privano gli atomi di un elettrone. Dopo pochissimo tempo l'elettrone viene di nuovo catturato dall'atomo, viene emessa una debole luce di colore principalmente verde.

Quando l'attività solare è sostenuta e il numero di particelle catturate dal campo magnetico elevato, i numerosi impatti con gli atomi di ossigeno generano le aurore polari, degli spettacolari fiumi di colore verde che solcano il cielo muovendosi e modificandosi in pochi secondi.

Nei rarissimi casi in cui l'attività solare sia molto elevata (ad

esempio a seguito di una tempesta solare violenta), è possibile assistere ad aurore polari anche alle nostre latitudini.

Questo purtroppo si verifica al massimo una volta ogni 11 anni per le regioni settentrionali del nostro Paese (l'ultima risale al 20 Novembre 2003), e molto più raramente (1 volta ogni 50 anni) per le regioni centrali e meridionali.

Le aurore polari che si spingono fino alle medie latitudini sono abbastanza diverse da quelle classiche, sia per la colorazione, in questi casi tipicamente rossastra, che per le caratteristiche (non si notano giochi di luce evidenti, piuttosto una tenue luminosità del cielo in direzione nord).

In ogni caso, le aurore polari, anche queste eccezionali, si possono prevedere. Un ottimo punto di partenza è il sito www.spaceweather.com .

Non ho mai avuto la possibilità di assistere a un fenomeno del genere; spero che voi sarete più fortunati di me!

Una magnifica aurora polare nei cieli dell'Alaska: uno spettacolo da gustare in pieno solamente a occhio nudo.

Costellazioni

Questa rubrica è tratta dal libro: “La mia prima guida del cielo”.

Se avete un telescopio, magari da poco tempo, e volete cercare degli oggetti che non sapete come trovare, questa è la

sezione che fa per voi.

Ogni mese, compatibilmente con il periodo dell'anno in cui verrà rilasciato il nuovo numero, troverete uno zoom su due costellazioni interessanti, con una mappa contenente stelle fino alla magnitudine 7 e oggetti fino alla magnitudine 11, una breve descrizione, un cenno ai racconti mitologici (qualora presenti) e una lista, completa di immagini e disegni, degli oggetti del cielo profondo più facili da osservare.

Tutti gli oggetti deep-sky elencati sono alla portata anche di un piccolo strumento da 10 centimetri di diametro, e se avete una buona vista e un cielo scuro anche di un classico binocolo 10X50.

Non troverete immagini professionali, ma spesso disegni effettuati da altri osservatori con telescopi amatoriali. In questo modo spero di evitarvi il pericolo più grande dell'astronomia pratica: creare false aspettative.

L'osservazione visuale, infatti, non è neanche lontana parente della fotografia astronomica, in particolare per quanto riguarda i colori, invisibili quasi completamente con qualsiasi telescopio si osservi. Ma l'idea di poter osservare con i propri occhi, attraverso il proprio strumento, e quasi toccare quell'indistinto batuffoletto irregolare, che in realtà è un oggetto reale, posto a distanze inimmaginabili e di dimensioni inconcepibili appartenente a un Universo meravigliosamente perfetto, regala una soddisfazione che nessuna macchina fotografica o schermo di computer potranno mai regalare, né ora, né mai.

Scorpius – Scorpione	In meridiano alle 22 del 1 Luglio

Descrizione

Lo Scorpione secondo i miti greci è l'animale che ha ucciso il cacciatore Orione ed è per questo che le due costellazioni sono poste agli antipodi del cielo. Secondo altri miti, tuttavia, Orione fu ucciso da Artemide, dopo aver accettato una sfida del gemello Apollo.

Lo costellazione dello Scorpione è bellissima e forse la più somigliante alla figura descritta. Dominata dalla stella rossa Antares, si staglia definita nel cielo estivo. La coda dello Scorpione è bassa sull'orizzonte e non sempre visibile dalle località che non dispongono di un orizzonte sud completamente libero.

Oggetti principali

M4: Ammasso globulare non molto denso ma facile da individuare anche con un binocolo, tra Antares e la stella σ. Si lascia risolvere in stelle con uno strumento da 150 mm, ma perde di fascino con ingrandimenti maggiori delle 100 volte.

M7: Grande e luminoso ammasso aperto, visibile anche a occhio nudo. Con un binocolo regala belle emozioni; appare stupendo con un piccolo telescopio a bassi ingrandimenti.

M80: Piccolo ammasso globulare, ma sufficientemente luminoso per essere rintracciato anche con un binocolo. Solo uno strumento da 200 mm rivela le singole stelle fino alle regioni centrali.

NGC6231: Ammasso aperto abbastanza brillante, semplice da trovare con un binocolo e molto bello con un telescopio a bassi ingrandimenti.

L’ammasso globulare M4 è poco denso e facilissimo da rintracciare, non molto distante dalla brillante Antares.

Fotografia a lunga esposizione di una porzione della costellazione dello Scorpione, centrata su Antares, la quale brilla in basso nella foto. È ben visibile M4, tra Antares e sigma Scorpi. La regione, in prossimità del centro della Via Lattea, è ricchissima di nebulose a riflessione, emissione e oscure, purtroppo impossibili da osservare, con qualunque strumento.

Libra – Bilancia	In meridiano alle 22 del 10 Giugno

Descrizione

Secondo i racconti greci, alla bilancia era associata la dea della giustizia Temi, il cui simbolo era una coppia di bilance.

Costellazione evidente e molto facile da osservare nel cielo, a ovest di Antares e dello Scorpione. Fa parte delle costellazioni zodiacali, quindi è attraversata dal Sole e dai pianeti durante il loro tragitto celeste.

Non contiene oggetti brillanti, se non NGC5897, un debole ammasso globulare visibile con ogni telescopio, ma privo di dettagli per diametri inferiori ai 300 mm.

In primo piano, a destra, la costellazione della Bilancia. A sinistra la brillante Antares e parte della costellazione dello Scorpione.

Astrofotografia

Questa classica sezione sarà il contenitore nel quale convoglieranno preziosi consigli su come intraprendere la difficile ma estremamente appagante strada della fotografia astronomica.

Inizieremo dal basso, da alcune semplici applicazioni, per poi giungere, insieme, alle tecniche necessarie per ottenere le splendide immagini che è possibile ammirare in rete.

Se volete approfondire vi consiglio il libro: “Tecniche, trucchi e segreti dell’imaging planetario” per la fotografia dei pianeti, o: “Tecniche, trucchi e segreti della fotografia astronomica” per riprendere nebulose, galassie e ammassi stellari, con o senza telescopio.

Principi e difficoltà della fotografia al fuoco diretto

Finalmente dopo tanta pratica siamo arrivati finalmente nel fatidico momento di utilizzare il nostro telescopio per fare le fotografie belle e spettacolari che possiamo ammirare su libri, riviste e in internet. Meglio però calmare gli entusiasmi: come abbiamo già visto questo è un percorso molto lungo, difficile e dispendioso che va affrontato con calma, pazienza e molta determinazione.

Per ora accontentiamoci di avere una panoramica quanto più possibile completa del tipo di fotografia che andremo a fare, chiamata anche fotografia a fuoco diretto.

Questo è il tipo di fotografia più impegnativo, perché gli oggetti da fotografare, contrariamente ai pianeti, sono estremamente deboli e richiedono pose singole eccedenti spesso i 5-10 minuti. E in questa frase stanno quasi tutte le difficoltà che incontreremo.

La fotografia degli oggetti del cielo profondo si effettua al fuoco diretto, ovvero inserendo al posto dell'oculare del telescopio un sensore digitale privo di obiettivo, molto più sensibile delle webcam che si utilizzano invece per riprender ei pianeti (e che vedremo nel prossimo volume), sfruttando la focale originaria del telescopio. In pratica, si utilizza il proprio telescopio come se fosse un grande teleobiettivo fotografico.

Questo tipo di fotografia è detta fuoco diretto, primario, o primo fuoco.

Il problema principale, che poi è la grande differenza con l'imaging dei pianeti, è dato dalle lunghe esposizioni necessarie.

Se per i pianeti possiamo riprendere anche con tempi di esposizione di 1/50 di secondo, per fotografare galassie, ammassi e nebulose sono necessarie pose singole di almeno 10 minuti, spesso anche di mezz'ora.

In questo lasso di tempo il telescopio non deve vibrare e i motori della montatura equatoriale devono avere la necessaria precisione affinché il soggetto resti esattamente nella stessa posizione per tutta la durata della posa.

Il corretto inseguimento è proprio il problema principale della fotografia deep-sky.

Anche se riuscissimo ad effettuare uno stazionamento perfetto, non otterremo mai stelle puntiformi con pose superiori a un paio di minuti. Il motivo è da ricercare nella precisione meccanica con la quale è stata costruita la montatura equatoriale, in particolare nella precisione di lavorazione delle componenti che trasmettono il moto del motore dell'asse di ascensione retta.

Anche le montature più precise e costose hanno un errore residuo, detto errore periodico, piccolo, ma distruttivo per la fotografia a lunga esposizione.

L'errore periodico è l'errore che la montatura compie nell'inseguire ogni oggetto celeste; periodico perché dipende dagli ingranaggi del motore e dell'asse di ascensione retta, e si ripete, quindi, dopo 5-10 minuti.

Una montatura commerciale di qualità media ha un errore periodico di circa 15 secondi d'arco, ovvero la stella si sposta di 15 secondi d'arco oltre e 15 secondi d'arco sotto la posizione media, detta di equilibrio, in un tempo tipico di 8 minuti.

Quando facciamo una fotografia al telescopio, basta uno spostamento di soli 2 secondi d'arco per mostrare le stelle come dei sottili segmenti; figuriamoci cosa succederebbe se lo

spostamento fosse di 15 secondi d'arco!

Per ottenere immagini puntiformi bisogna controllare il movimento dei motori e correggere l'errore periodico prima che si renda visibile nella fotografia. Questo sistema è detto guida.

La guida può essere fatta manualmente o automaticamente; in questo caso si parla di autoguida.

L'autoguida prevede un secondo sensore digitale collegato a un altro telescopio posto in parallelo al principale, oppure all'interno del sensore di ripresa stesso, con il compito unico di correggere automaticamente l'errore di inseguimento della montatura, attraverso un'interfaccia ai motori del telescopio e a un computer.

I sistemi di autoguida richiedono quindi la presenza di una montatura equatoriale interfacciabile al computer, il computer (tranne casi particolari) e una seconda camera di ripresa (anche una webcam va bene). L'alternativa è costituita da una camera di ripresa con doppio sensore, uno dedicato all'imaging, l'altro al controllo dell'inseguimento, come quelle prodotte dall'azienda americana SBIG.

La montatura deve essere precisa e molto solida affinché non venga disturbata da piccole vibrazioni o da una leggera brezza.

Un setup base per questo tipo di fotografia, senza considerare il tubo ottico, costa circa 2000 euro, lo stesso prezzo di un telescopio dobson da 400 mm!

Appare quindi evidente che l'acquisto di una montatura solida, con motorizzazione, interfaccia al computer, camera di ripresa e di guida, è giustificato solamente se volete dedicarvi seriamente alla ripresa fotografica degli oggetti del cielo profondo.

Un tipico setup per la fotografia deep-sky a lunga posa: montatura equatoriale robusta, interfacciabile al computer, camera CCD sul telescopio più grande per la ripresa, camera CCD di minore qualità sul telescopio secondario, per il controllo automatico della guida.

Le camere di ripresa

Come per l'imaging in alta risoluzione, anche nella fotografia del cielo profondo al fuoco diretto, possiamo adattare camere progettate per altri usi, o acquistare sensori adibiti alle riprese astronomiche. Al primo caso rispondono le reflex digitali, tutte quelle fotocamere progettate per applicazioni naturalistiche che consentono di controllare i parametri di ripresa e togliere l'obiettivo.

Nel secondo caso, invece, parliamo di camere progettate per studi astronomici, generalmente monocromatiche, che non consentono riprese diurne, dette camere CCD.

Tra le reflex quelle che meglio si possono adattare sono le Canon, mentre tutte le camere CCD possono essere utilizzate senza particolari difficoltà.

La differenza tra una reflex e una camera CCD è notevole, sia dal punto di vista progettuale, che economico. Una reflex digitale ha il grande vantaggio dell'avere un sensore a colori dalle generose dimensioni a un prezzo accettabile. Una camera CCD è monocromatica, almeno 10 volte più sensibile, con un rumore nettamente minore, quindi con una qualità complessiva di molto superiore alle reflex. Il problema è il prezzo piuttosto altro, oltre i 1000 euro per i modelli più economici.

Dal punto di vista delle prestazioni, non c'è confronto tra una reflex digitale e una camera CCD: quest'ultima vince su ogni campo, consentendo di ottenere meravigliosi risultati con esposizioni relativamente brevi, laddove una reflex richiederebbe ore.

Le camere CCD inoltre, sono progettate anche per serie applicazioni scientifiche, tra le quali fotometria e astrometria.

Pensate che con l'uso di un'ottima CCD e un telescopio da 20 cm è possibile anche scoprire, attraverso la fotometria, pianeti attorno ad altre stelle!

Per ottenere immagini a colori con le camere CCD, visto che il sensore è monocromatico, sono richiesti dei filtri colorati e l'acquisizione di tre immagini identiche, in luce rossa (R), verde (G) e blu (B), componendo poi in fase di elaborazione quella che si chiama tricromia RGB, ovvero l'immagine a colori a partire dalle riprese monocromatiche ottenute con i tre filtri.

Le reflex digitali non hanno questo problema, visto che sul loro sensore è posta una sottilissima griglia di filtri rossi, verdi e blu, che consentono di riprendere una tricromia RGB automaticamente con un singolo scatto e di restituire l'immagine a colori.

La griglia di filtri RGB, detta griglia di Bayer, comporta però numerosi svantaggi, tra in quali: perdita di risoluzione e sensibilità (circa il 30%) e impossibilità di usare altri filtri molto utili in astronomia, quali gli infrarossi, gli ultravioletti e tutti quelli a banda stretta.

Tutte le reflex, inoltre, possiedono davanti al proprio sensore un filtro taglia infrarossi che di fatto taglia tutta la parte rossa dello spettro, laddove è massima la sensibilità del sensore e l'emissione di tutte le nebulose, rendendo queste camere inadatte per la ripresa specialmente di questi oggetti. Una pratica molto diffusa consiste nel rimuovere il filtro taglia infrarosso dalla camera, perdendo però in questo caso la garanzia e la possibilità di eseguire immagini naturalistiche diurne con il corretto bilanciamento cromatico.

Alcuni intraprendenti astrofili si sono specializzati nella rimozione di questo filtro e nella riprogrammazione del

bilanciamento del bianco per ottenere immagini diurne corrette.

Dopo questa breve disquisizione, la domanda nasce spontanea: qual è la camera migliore? Il mio punto di vista è piuttosto atipico e ne avete avuto prova anche nel capitolo dedicato alla scelta del primo telescopio. Se avete già una reflex digitale, allora vi consiglio di utilizzarla senza problemi, ma se dovete acquistare una camera per le riprese al telescopio, allora vi consiglio una camera CCD.

Il mercato attuale propone ottime camere a partire da prezzi anche inferiori a 1000 euro, con la garanzia di una qualità e risultati più semplici, immediati e spettacolari di quelli che vi possono offrire le reflex e ogni dispositivo non progettato per le applicazioni astronomiche.

Una camera CCD consente di avere ottime immagini con qualche minuto di posa (quindi al limite anche senza autoguida), laddove una reflex richiederebbe ore e accorgimenti particolari (ad esempio la tecnica del dithering per diminuire il rumore, che altrimenti rischierebbe di distruggere l'immagine).

Una tipica galassia che appare già evidente con 10 minuti di posa attraverso una camera CCD, può risultare visibile a malapena con una reflex. Questo non significa che non si possano ottenere ottimi risultati con queste camere, anzi, alcuni astrofili riescono a ottenere dei veri e propri capolavori. Il problema è che per ottenere risultati con una reflex serve una gran dose di esperienza, soprattutto in fase di elaborazione, difficile da avere se si è principianti.

Non è un caso che anche astrofili non esperti riescano a ottenere splendide riprese CCD, ma pochissimi sono in grado di produrre risultati altrettanto spettacolari con una reflex.

La camera CCD deve essere monocromatica e sicuramente

avrà un formato diverso rispetto a quello gigante delle attuali reflex. Meglio rinunciare a qualche pixel e ottenere risultati migliori, piuttosto che avere a disposizione un sensore da 12 milioni di pixel praticamente cieco e che dopo pochi tentativi rischia solamente di farvi perdere la passione per la fotografia astronomica.

Nel mercato commerciale esistono diversi livelli di camere CCD, a seconda del vostro scopo. Aziende come Magzero, Atik, Orion e Starlight producono principalmente CCD economici, adatti per iniziare e dedicati alla ripresa estetica del cielo.

Aziende come SBIG, Marconi, Apogee sono impegnate nella produzione di camere di livello scientifico, con una maggiore cura del sensore e dell'elettronica, adatte ad astrofili esperti impegnati anche nella ricerca astronomica o nell'imaging ad altissimi livelli. Queste camere infatti hanno un costo molto superiore.

Lo strumento adatto

Per la ripresa degli oggetti del cielo profondo non tutti i telescopi sono adatti, o meglio, alcuni strumenti possiedono qualità migliori di altri.

Prima di tutto è necessario che lo strumento sia abbastanza luminoso, ovvero abbia un rapporto focale piuttosto aperto. Ottimi per questo scopo sono tutti quelli con rapporti focale compresi tra f4 ed f7.

Strumenti più chiusi sono inevitabilmente più bui e richiedono tempi di esposizione molto maggiori per ottenere gli stessi risultati.

Appare chiaro, quindi, che telescopi Cassegrain, mak o rifrattori di lungo fuoco, tutti strumenti con rapporti focale superiori ad f10, non siano molto adatti a questo tipo di riprese.

La fotografia a lunga esposizione viene effettuata generalmente con sensori di dimensioni non esigue, a contrario dell'imaging planetario, quindi richiede un telescopio dal campo corretto piuttosto vasto.

Sotto questo punto di vista, i telescopi Newton molto aperti soffrono molto la coma al di fuori del centro del campo. Questo è un peccato, perché un Newton da 20-25 centimetri aperto ad f4-5 sarebbe lo strumento ideale per la ripresa di ammassi globulari, nebulose e soprattutto galassie. Il mercato fortunatamente propone degli speciali accessori, detti correttori di coma, che correggono questa aberrazione per qualsiasi Newton e consentono di usare con profitto questi strumenti.

Se volete specializzarvi nella ripresa di nebulose ad emissione piuttosto estese e ammassi aperti, vi servirà uno strumento dalla focale minore. Sotto questo punto di vista, ottimi

sono i rifrattori apocromatici o semi-apocromatici di piccolo diametro (60-100 mm) e focale tipica inferiore ai 700 mm. Questi strumenti sono dei veri e propri teleobiettivi, perfetti per campi relativamente estesi, ma non adatti per soggetti piccoli come le galassie, gli ammassi globulari e le nebulose planetarie, per i quali il Newton resta la scelta migliore.

Altre configurazioni, tra le quali la Schmidt-Cassegrain, non eccellono in questo campo, neanche se si utilizza l'apposito riduttore-spianatore che porta il rapporto focale ad f6,3. I risultati, comunque, sono certamente degni di nota, anche se personalmente non consiglierei mai di acquistare uno Schmidt-Cassegrain se l'interesse principale è la fotografia a lunga posa.

In questo campo dell'astrofotografia il diametro del telescopio non è un fattore così importante per quanto riguarda la profondità raggiungibile. Sebbene sia stato detto che per l'osservazione visuale il diametro determini quanta luce venga raccolta, in questi casi la minore quantità di luce raccolta da un obiettivo più piccolo può essere compensata dall'aumento del tempo di esposizione. Di fatto, con i moderni sensori digitali la quantità di luce raccolta non dipende più dal diametro dell'obiettivo, ma dallo stato del cielo, dalla qualità del sensore, dal tempo di esposizione e dal rapporto focale.

Oltre al tubo ottico, fondamentale importanza è da attribuire al supporto, ovvero alla montatura. Non è sufficiente, infatti, avere un semplice supporto equatoriale motorizzato come per la ripresa dei pianeti; in questo caso la vostra montatura deve essere molto solida e precisa. In effetti, nella scelta del setup di ripresa la parte più importante, anche in termini economici, è riservata alla montatura, che deve possedere precisione e solidità maggiori rispetto all'osservazione visuale. Di fatto, molte delle montature

commerciali abbinate ai relativi tubi ottici sono sottodimensionate o comunque al limite per serie riprese a lunga esposizione.

La scelta della montatura dipende criticamente, oltre che dal peso del telescopio, soprattutto dalla focale di ripresa.

Uno Schmidt-Cassegrain da 20 centimetri f10 è più leggero di un Newton da 20 centimetri f4, ma la focale di ripresa (2000 mm per il primo, 800 per il secondo) implica che per ottenere stelle puntiformi l'inseguimento e la guida devono essere oltre 2 volte più precise nel primo caso rispetto al secondo. Dall'esperienza maturata nel corso degli anni, le montature di produzione cinese della serie "EQ" non possono essere utilizzate con focali superiori ad 1,5, massimo 2 metri. Se si vogliono scale dell'immagine più spinte, ovvero un campo inquadrato più stretto (in fotografia non ha senso parlare di ingrandimento, ma di campionamento o scala dell'immagine), ci si deve dirigere verso montature molto più costose e precise, ma a questo punto subentra anche un'altra variabile: la turbolenza atmosferica, che comincia a farsi sentire quando si riprende con una scala dell'immagine inferiore ad 1"/pixel.

Tecnica di ripresa

La tecnica di ripresa delle immagini del cielo profondo prevede, anche essa, la somma o media di alcune singole esposizioni, in modo simile alle riprese in alta risoluzione.

La fase di ripresa è piuttosto semplice, se tutto funziona a dovere, specialmente l'autoguida. Si punta l'oggetto desiderato e ci si concentra sulla messa a fuoco, operazione, questa, che deve essere molto precisa. Molti astrofili si aiutano con programmi particolari o semplici maschere da porre davanti l'obiettivo del telescopio.

La messa a fuoco, anche a causa della lentezza con cui si susseguono le immagini, potrebbe richiedere diversi minuti.

Non sottovalutate questa fase, fondamentale nella riuscita di ogni lavoro.

Per raggiungere una messa a fuoco precisa potete aiutarvi con due dati, forniti da qualsiasi programma di gestione delle camere di ripresa:

a) Valore della luminosità di picco di una stella: mano a mano che ci si avvicina al punto di fuoco, le immagini stellari si concentrano in una regione più stretta, aumentando, quindi, la luminosità di picco.

b) Valore della FWHM. La Full Width at Half Maximum, letteralmente larghezza a mezza altezza, da un'indicazione sul diametro delle immagini stellari. Ogni sorgente ha una forma tipica di una funzione gaussiana (in linea teorica, nella pratica si ha una distribuzione normale, discreta), con un massimo centrale e i bordi che lentamente sfumano fino a tendere a zero. Quando la messa a fuoco si fa più precisa, la FWHM diventa via via

minore, fino al punto di fuoco, quando avrà un valore minimo.

La maschera di Hartmann è, invece, un semplice dispositivo da porre davanti l'obiettivo del telescopio, formato da 3-4 fori, equispaziati e identici.

La maschera di Hartmann è un tappo con dei fori da porre davanti l'obiettivo del telescopio, atto ad aiutare nel raggiungere una precisa messa a fuoco.

Quando la messa a fuoco non è precisa, ogni immagine stellare vi apparirà scomposta in 3-4 componenti (uguali al numero dei fori nella maschera). Quando la messa a fuoco è perfetta, le immagini appariranno perfettamente puntiformi e unite: un ottimo stratagemma per migliorare la precisione della messa a fuoco.

Un'alternativa moderna è rappresentata dalla maschera di Bathinov, la cui funzione è simile a quella svolta dalla maschera di Hartmann, ma con una fitta griglia al posto dei fori.

Finita questa fase, puntate l'oggetto da riprendere e scegliete una stella di guida adatta: questo significa una stella, possibilmente non doppia, che non saturi il sensore di guida e non sia troppo debole.

Non sempre la ricerca della stella di guida si rivela facile, ma nelle mie sessioni l’ho sempre trovata in ogni angolo di cielo. Effettuate la calibrazione della guida attraverso il software di controllo. Questa fase è importante, perché attraverso il movimento della montatura il computer capisce in che direzione puntano gli assi del telescopio e come correggere nella fase di autoguida.

Avviate la guida impostando tempi di correzione variabili tra 2 e 5 secondi, in dipendenza della precisione della montatura e della focale utilizzata. Non scendete sotto i 2 secondi, poiché le deformazioni dovute alla turbolenza atmosferica possono ingannare il programma e fargli fare correzioni laddove non sono necessarie.

La tecnica di ripresa a questo punto è semplicissima: si effettua una serie esposizioni, ognuna della durata massima consentita dallo stato del cielo.

Cosa significa quanto detto?

Nelle riprese del cielo profondo occorre raggiungere la magnitudine limite massima; essa dipende sostanzialmente dal setup utilizzato e, soprattutto, dal cielo. L’esposizione corretta si ha quando la luminosità del fondo cielo comincia a farsi notare: a questo punto si è raggiunta la magnitudine limite del cielo e del setup utilizzato.

Un aumento dell’esposizione aumenterà anche la luminosità del fondo cielo, non portando a miglioramenti significativi. Per aumentare la visibilità di tutti i dettagli, a questo punto si usa la tecnica della somma o della media, raccogliendo diverse immagini con esposizioni uguali (o comunque simili).

La tecnica della media riduce drasticamente il rumore casuale, rendendo le immagini più nitide, precise e gradevoli. La durata

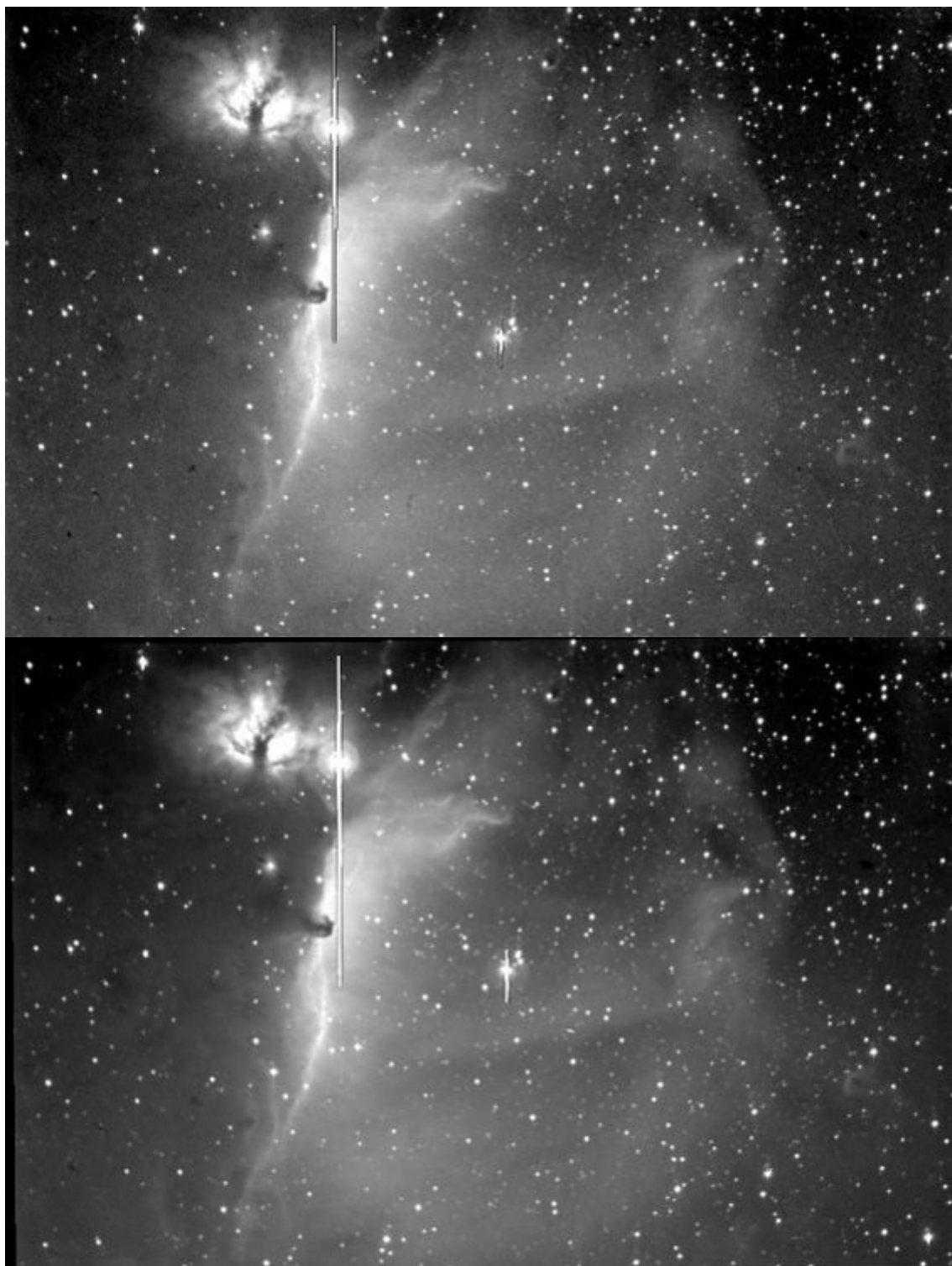
delle singole esposizioni varia, ma generalmente non è mai inferiore ai 5 minuti. Per cieli medi e focali telescopiche, un buon valore si ha attorno ai 15-20 minuti.

Nelle riprese delle nebulose ad emissione, particolarmente utili e spettacolari risultano i filtri a banda stretta, soprattutto l'H-alpha, centrato sulla riga di emissione dell'idrogeno delle nebulose, a 656,3 nm. L'uso di un filtro H-alpha a banda stretta, tipicamente di 5-10 nm, consente di riprendere molti dettagli delle nebulose ad emissione, anche da cieli piuttosto inquinati da luci, visto che l'esigua banda passante seleziona solamente la luce della nebulosa e limita di molto il danno dell'inquinamento luminoso, che copre tutte le lunghezze d'onda del visibile. Con questi filtri i tempi di ripresa delle singole immagini si allungano anche a mezz'ora.

La somma o la media di singole esposizioni ha (quasi) lo stesso effetto di un'esposizione singola con durata pari alla somma delle singole immagini.

Data l'intrinseca debolezza degli oggetti del cielo profondo, per ottenere un'immagine ottima che mostri parti deboli senza la comparsa del rumore elettronico, è necessario raccogliere esposizioni complessive per qualche ora. I migliori astroimager del mondo eseguono esposizioni complessive superiori alle 10 ore, distribuite su più nottate. In effetti non abbiamo la stessa fretta dei pianeti, i quali ruotano velocemente su loro stessi: galassie, ammassi e nebulose non variano nel tempo, tanto che possiamo concentrarci su un oggetto anche per giorni, raccogliendo singole esposizioni che, sommate o mediate, restituiranno un risultato veramente eccellente.

Se si vuole ottenere il massimo dal proprio setup, bisogna quindi concentrarsi su un oggetto alla volta, senza avere fretta.

Molti principianti nel corso di una serata osservativa possono ottenere 5-6 immagini di diversi oggetti deep-sky, mentre un ottimo astroimager in una nottata di lavoro si concentra solamente su un oggetto. La scelta sta a voi: preferite la quantità o la qualità?

Ripresa a lunga esposizione della nebulosa Testa di Cavallo, con un filtro H-alpha con banda passante di 10 nm, rifrattore acromatico da 80 mm f5 e

camera CCD SBIG ST-7XME con doppio sensore.

In alto, singola posa, calibrata, di venti minuti di esposizione. In basso, la media di 6 immagini da 20 minuti rivela maggiori dettagli e minore rumore. Gli oggetti deep-sky sono molto deboli e richiedono ore di posa per essere ripresi in modo adeguato.

La calibrazione delle immagini digitali

Quando si usano sensori digitali e si riprendono immagini con tempi di esposizione maggiori di qualche minuto, si rendono evidenti degli inestetismi propri di un sensore digitale e dell'ottica utilizzata, che devono, per quanto possibile, essere corretti per sperare di avere un'immagine finale migliore.

Le cosiddette immagini di calibrazione sono particolari esposizioni che in fase di elaborazione serviranno per correggere i difetti contenuti nelle immagini del cielo, dette anche immagini di luce.

Le immagini di calibrazione si acquisiscono durante la seduta osservativa nella quale si effettuano le riprese di luce.

Esistono tre tipi di immagini di calibrazione: i dark frame, i flat field e i bias frame, ma solo i primi due vengono applicati alle immagini amatoriali.

Il dark frame è un'immagine con la stessa durata e temperatura dell'immagine di luce, ottenuta con il sensore al buio totale. Alcune camere commerciali dotate di otturatore consentono di ottenere dark frame con un apposito comando via software; in tutti gli altri casi si può effettuare una normale esposizione tappando il telescopio.

Sebbene in teoria un'esposizione del genere non debba contenere alcun tipo di luce, l'immagine che avrete di fronte sarà costellata di puntini bianchi. L'informazione registrata dal sensore non proviene dal cielo, ma da quella che si chiama corrente di buio, rumore causato dalla temperatura del sensore CCD.

Il rumore termico, così è chiamato, diminuisce al diminuire della temperatura del sensore, ed è questo il motivo per cui tutte

le camere progettate per l’astronomia e le lunghe pose possiedono un efficiente sistema di raffreddamento capace di portare il sensore a una temperatura fino a 40-50°C inferiore all’ambiente. Nonostante le basse temperature alle quali si registrano le immagini, una quantità di rumore termico sarà sempre presente, ma è facile da correggere con i dark frame.

I dark frame non sono sensibili all’orientazione della camera o all’uso di eventuali filtri.

Se la vostra camera di ripresa consente un controllo accurato della temperatura, si possono costruire delle librerie di dark frame da utilizzare in ogni occasione, in funzione della temperatura alla quale si opera e del tempo di esposizione. Se, ad esempio, si riprende sempre a una temperatura di -20°C ed esposizioni di 10 minuti, un dark frame ottenuto con questa combinazione può correggere tutte le immagini di luce riprese con stessa temperatura ed esposizione, a prescindere da quando sono state ottenute. Per questo motivo vi consiglio di standardizzare per quanto possibile temperatura e tempi di ripresa, in modo che non dobbiate sempre riprendere nuovi dark, ma usare quelli della vostra libreria.

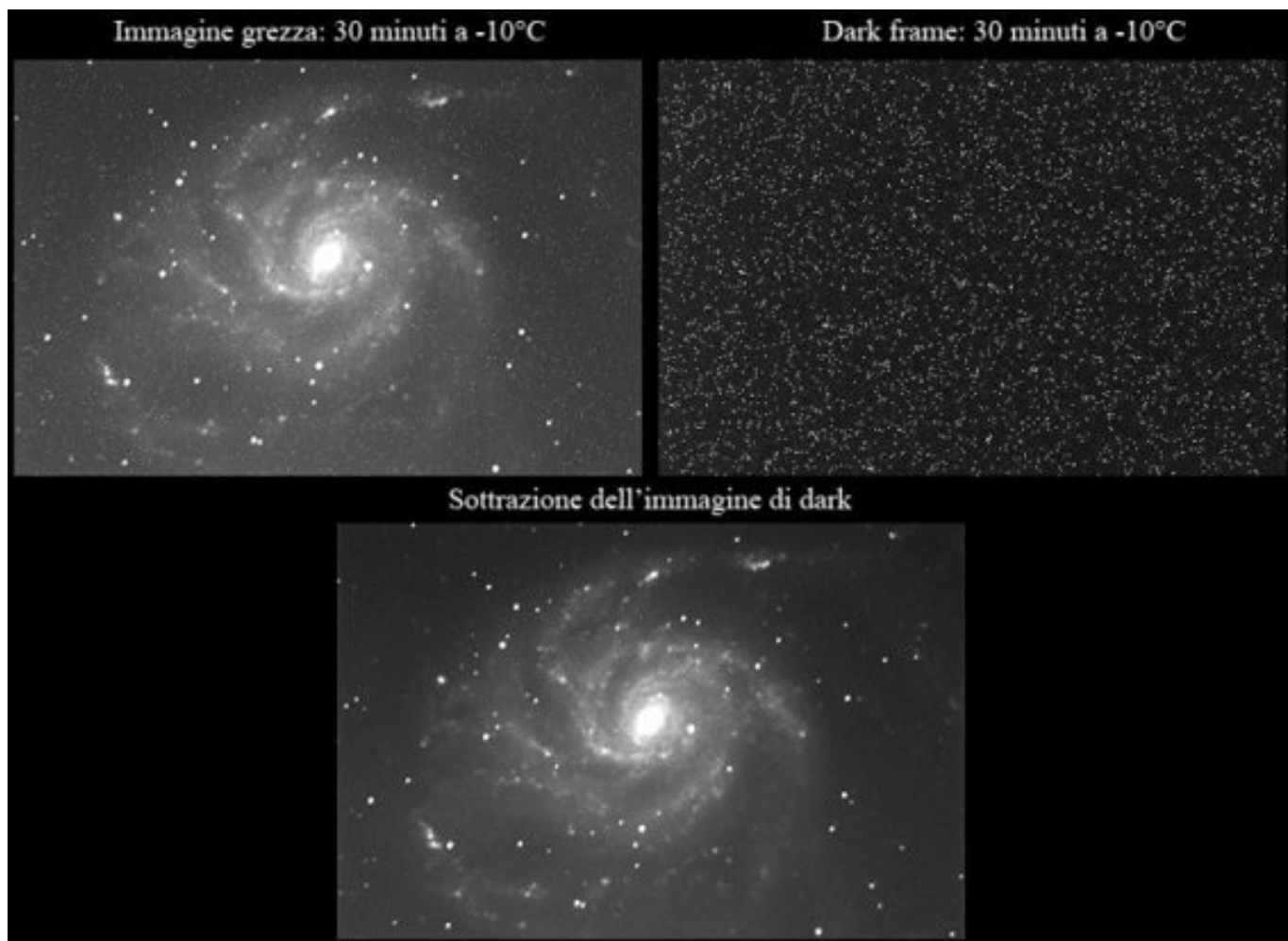
Ad essere precisi, un ottimo dark frame è la mediana di un numero dispari di singole immagini di dark frame, almeno 3, meglio 5 o 7. In questo modo si ottiene quello che si chiama master dark frame, un’immagine più pulita della singola, che non contiene altri inestetismi sempre presenti e mai correggibili: i raggi cosmici.

Tutti i sensori CCD sono infatti sensibili anche al flusso di particelle, in massima parte proveniente dal Sole, che giunge sulla Terra. I raggi cosmici sono particelle che impressionano il sensore come fossero dei raggi di luce. Essi compaiono sempre

quando l’esposizione supera i due minuti e non si possono eliminare dalle immagini di luce. Nei dark frame, invece, il procedimento di mediana di un numero dispari di immagini consente di eliminare i raggi cosmici.

Il master dark frame viene poi sottratto a ogni immagine di luce ripresa con lo stesso tempo di esposizione (dato dal singolo dark frame) e temperatura. Questa operazione matematica, della quale è capace ogni software astronomico per l’elaborazione delle immagini, riduce sensibilmente il rumore contenuto nelle singole esposizioni.

Il particolare, noterete che molti puntini bianchi della vostra immagine di luce spariranno completamente. Questi puntini, in effetti, non sono stelle, ma i cosiddetti pixel caldi, elementi del sensore che possiedono un rumore maggiore rispetto alla media e appaiono per questo motivo bianchi. Riconoscere il rumore termico dalle stelle è semplice, visto che è concentrato sempre in un solo pixel.

Se volete ottenere il massimo dalle vostre riprese, quindi, è sempre opportuno sottrarre l’immagine di dark frame alle riprese di luce con esposizioni superiori a un paio di minuti.

Procedimento di sottrazione di un dark frame, risultato della mediana di 9 singoli dark frame, all'immagine di luce. Tutti i piccoli puntini bianchi, che altro non sono che rumore introdotto dal sensore, scompaiono, lasciando il posto ai dettagli reali.

Gli astrofili più esigenti devono riprendere anche i cosiddetti flat field, per correggere quello che in gergo viene chiamato fixed pattern noise, ovvero tutti gli inevitabili difetti dovuti all'ottica utilizzata e all'eventuale presenza di sporcizia sul sensore.

Ben presto, infatti, vi accorgerete che quasi tutte le immagini a lunga esposizione si presentano più luminose al centro rispetto ai bordi. Questo difetto, chiamato vignettatura, è intrinseco a molti telescopi, quindi non si può eliminare a priori ma solamente correggere in fase di ripresa e successiva elaborazione.

Un'immagine di flat field è una normale ripresa, con la giusta esposizione, di uno sfondo uniformemente illuminato, privo di

stelle o altri oggetti. Questa immagine contiene tutti i difetti raccolti dal proprio sistema ottico: vignettatura, polvere sul sensore o sul filtro, eventuali riflessi….difetti che sono contenuti, sebbene nascosti dal segnale, anche in tutte le immagini astronomiche che possiamo scattare.

La correzione delle immagini di luce avviene facendo la divisione con il flat field. Questa operazione, eseguita automaticamente da ogni software, cancella i difetti del sistema ottico e restituisce un'immagine molto più pulita e gradevole.

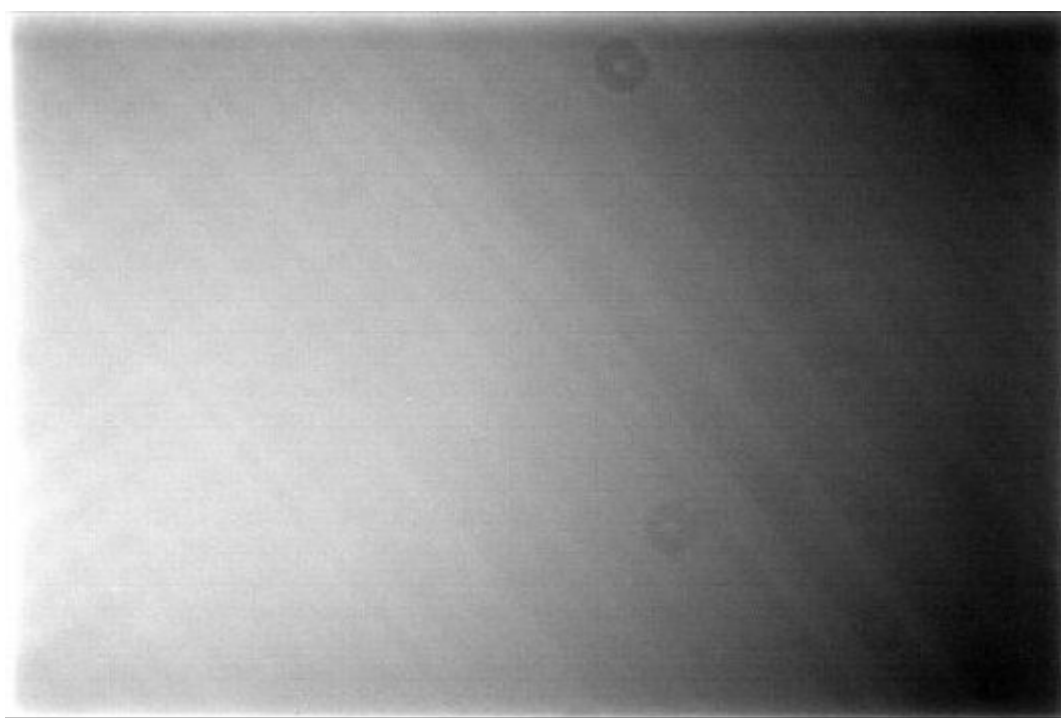
Il problema dei flat field è la loro acquisizione, che per quanto detto deve avvenire nella stessa esatta configurazione ottica delle immagini che si vogliono correggere.

La ripresa dei flat field deve quindi avvenire con la stessa focale, stessi filtri, stessa messa a fuoco e identica orientazione della camera, altrimenti i difetti ottici, che dipendono da questi fattori, non verranno corretti efficientemente.

Da tutto questo emerge che non è possibile avere a disposizione una libreria di flat field, come per i dark frame; essi vanno ripresi a ogni sessione osservativa, prima di smontare o cambiare configurazione al proprio setup (è sufficiente un filtro diverso o una variazione della messa a fuoco per rendere inutili flat field precedentemente acquisiti).

Non vi sono invece limiti sul tempo di esposizione, che non deve essere necessariamente uguale a quello delle riprese, ma sufficiente per avere un buon segnale e non saturare il sensore (ovvero avere un'immagine completamente bianca). Nessun limite neanche sulla temperatura di ripresa, che comunque deve essere la più bassa possibile per contenere il rumore causato dalla corrente di buio.

Anche trovare una sorgente uniformemente illuminata non è

semplice. Molti astrofili, una volta stazionato il proprio setup, riprendono il cielo allo zenit in prossimità del tramonto, magari coprendo il telescopio o l'obiettivo con un foglio da disegno. Altri, invece, si costruiscono le cosiddette flat box, delle scatole illuminate da porre davanti al telescopio come un tappo, che simulano il cielo luminoso del tramonto. È molto importante che la sorgente ripresa, vicina o lontana, sia uniformemente illuminata. Un ottimo flat field è composto dalla media di almeno una decina di singole immagini di flat field, ognuna delle quali ha una luminosità di picco circa pari alla metà di quella massima consentita dal sensore. Ad esempio, se il sensore è a 16 bit, ovvero consente 65535 livelli di luminosità (ADU), un ottimo flat field è ottenuto con l'esposizione che consente di avere una luminosità di picco pari a circa 35000 ADU.

Ottima immagine di flat field ottenuta dalla media di 30 singole esposizioni, ognuna corretta con il relativo dark frame. Riprendere corretti flat field è fondamentale per la corretta riuscita di un'immagine.

Il flat field, essendo un'immagine di luce, andrebbe corretto

con i relativi dark frame, ma questa operazione può non essere necessaria per le normali applicazioni estetiche, ma solamente se avete intenzione di effettuare precisi lavori scientifici con la vostra camera CCD.

Ottenuto il master flat field, questo viene diviso a ogni singola immagine di luce. Non è importante la sequenza con la quale si corregge l'immagine di luce, tanto che molti programmi attuano contemporaneamente questa correzione.

A questo punto le vostre singole esposizioni di luce sono pronte per essere allineate, mediate ed elaborate.

Immagine non corretta con un flat field. Si nota vignettatura e polvere.

Immagine corretta con un ottimo flat field. Il fondo cielo è ora uniforme.

Elaborazione

Anche per questo tipo di fotografia l'elaborazione ha un solo scopo: rendere visibile all'occhio tutto il segnale catturato in fase di ripresa.

La tecnica di elaborazione delle immagini deep-sky è molto più libera di quella delle immagini in alta risoluzione, tanto che ogni astrofilo ha la propria ricetta, spesso custodita con buona dose di gelosia.

In queste pagine vediamo solamente i passi fondamentali da effettuare; sta alla vostra esperienza affinare il metodo e trovare la ricetta migliore per le vostre immagini.

Le fasi dell'elaborazione di un'immagine deep-sky sono sostanzialmente 3:

1) Allineamento e media dei singoli scatti per arrivare all'immagine RAW da elaborare;
2) Applicazione di filtri che rendono visibili tutti i dettagli catturati;
3) Correzione degli inevitabili inestetismi rimanenti ed eventuale composizione dell'immagine a colori.

La filosofia secondo la quale viene applicata l'elaborazione è piuttosto diversa rispetto a quella dei pianeti. In quel caso si applicano filtri di contrasto che hanno il compito di rendere visibili tutti i dettagli, anche i più minuti e meno contrastati.

Le immagini del cielo profondo non possiedono né la risoluzione, né il segnale raccolto nell'imaging planetario, per questo motivo cambia la filosofia con la quale si elabora: non più ricerca del minuto dettaglio, ma estrapolazione di tutto il segnale possibile, ovvero mostrare la massima profondità raggiunta in termini di magnitudine limite.

Essenziali per questi scopi risultano i cosiddetti stretch.

L'operazione di stretching significa letteralmente stiramento dell'informazione luminosa contenuta nell'immagine grezza.

Lo stretch consente di visualizzare contemporaneamente parti debolissime e parti estremamente brillanti dell'immagine, allungando e comprimendo i livelli di luminosità.

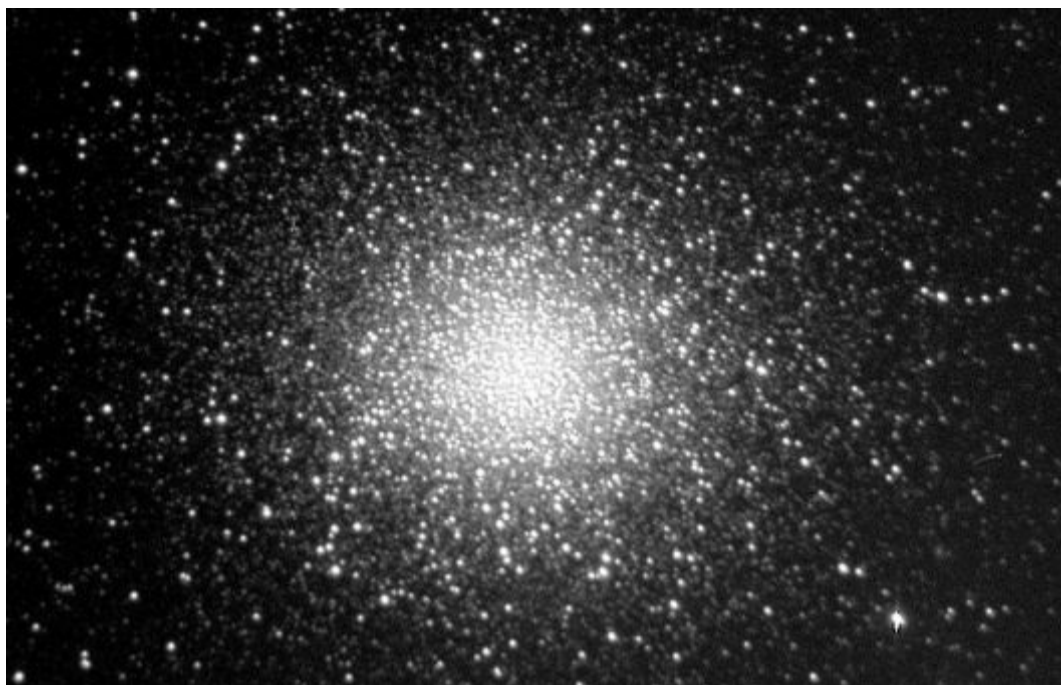
Lo schermo di ogni computer e qualsiasi stampante non sono infatti in grado di distinguere più di 256 livelli di luminosità per ogni canale colore. Le immagini astronomiche hanno almeno 4096 (12 bit) o addirittura 65535 (16 bit) livelli di luminosità; di fatto, quando si visualizza l'immagine sul computer si seleziona una stretta finestra di 256 livelli, escludendo tutti gli altri.

Attraverso lo stretch i livelli di luminosità originari vengono compressi nella gamma di 256 livelli ammessi dallo schermo, rendendo visibili tutti i dettagli dell'immagine che altrimenti risulterebbero nascosti.

Ogni programma di elaborazione delle immagini consente di effettuare questa operazione matematica estremamente importante.

Le operazioni da applicare successivamente lo stretch dipendono dall'utente, dalla sua esperienza, dal gusto estetico, dalla qualità dell'immagine.

Alcuni astrofili addirittura elaborano separatamente le stelle di campo e l'oggetto, altri ancora applicano delle maschere di contrasto locali sui dettagli che vogliono enfatizzare. Io non vi consiglio di perdere molto tempo in queste operazioni, soprattutto se siete all'inizio.

Fare fotografia astronomica non dovrebbe significare passare ore al computer e diventare maghi del fotoritocco: il cielo dovrebbe essere sempre la nostra priorità.

L’ammasso globulare M13. Le due immagini in alto sono grezze e consentono di vedere alternativamente dettagli centrali (a sinistra) o periferici (a destra). La visione d’insieme la si ottiene alterando le differenze tra le luminosità, attraverso i cosiddetti stretch, specialmente quelli di natura logaritmica. Questa è la parte principale dell’elaborazione (estetica) di un’immagine deep-sky.

Ricerca amatoriale

Alcune parti di questa sezione sono tratte dal libro "Astrofisica per tutti: scoprire l'Universo con il proprio telescopio".

Se siete ormai degli astrofotografi del cielo con una certa

esperienza e molta voglia di portare al limite la vostra strumentazione, magari affrontando qualche divertente ed emozionante progetto di ricerca, questa è la sezione che fa per voi. Qui, proprio come degli astronomi professionisti, partiremo alla scoperta di tutto quello che il nostro telescopio amatoriale, accoppiato ai moderni dispositivi di ripresa digitale, è in grado di regalarci oltre al mero imaging estetico. Sapete, ad esempio, che moltissime stelle variabili oltre la magnitudine 10 non sono ancora state scoperte? O che è possibile osservare la traccia di un pianeta extrasolare distante centinaia di anni luce mentre attraversa il disco della propria stella? Senza contare poi la possibilità di scoprire asteroidi, comete, supernovae, fenomeni particolari nelle atmosfere dei pianeti.

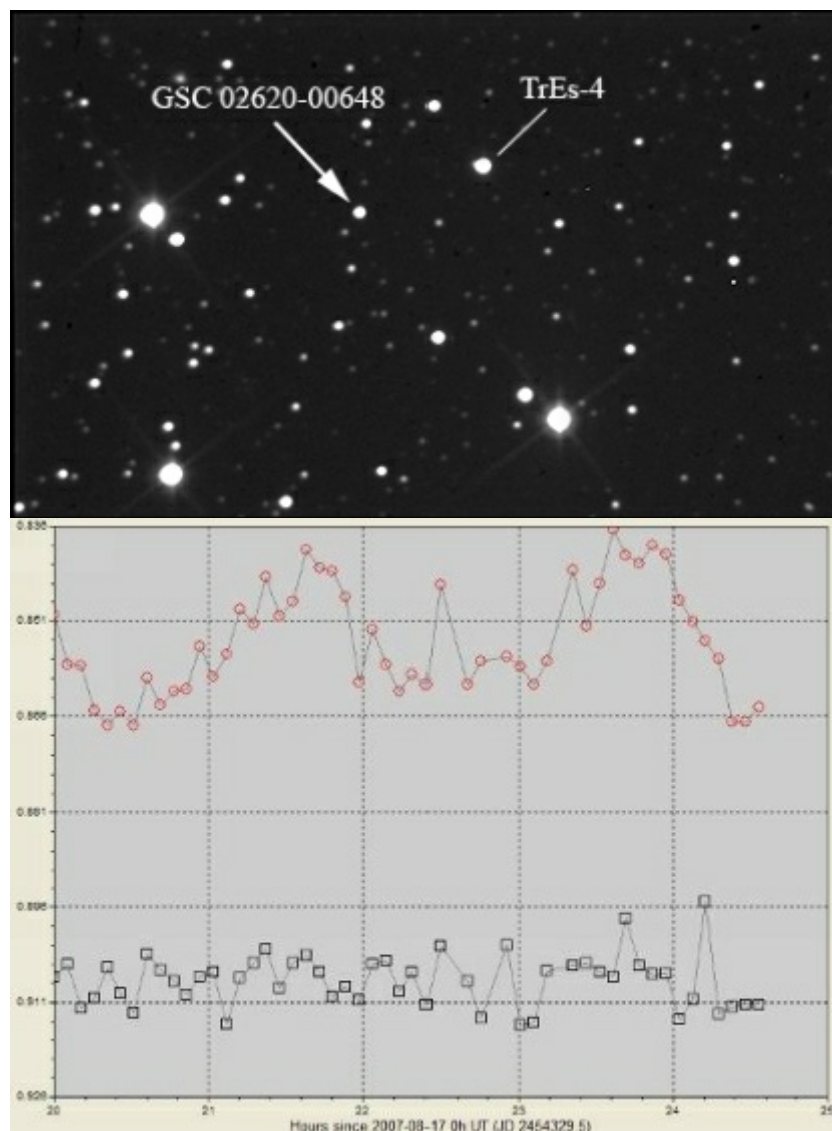
Insomma, qui, con pazienza, determinazione e curiosità si va in prima persona alla scoperta dell'Universo.

Analisi fotometrica di una nuova stella variabile

Il 18 agosto 2007 stavo seguendo fotometricamente il pianeta extrasolare TrEs-4, cercando di notare il transito del pianeta gioviano davanti alla propria stella. Per la sessione fotometrica ho utilizzato un telescopio newton di fattura cinese (economico) da 25 centimetri, su una montatura, sempre cinese, EQ6, provvista di puntamento automatico e porta autoguida. La camera di ripresa è una SBIG T-7XME, senza antiblooming. Ho utilizzato anche un filtro passa infrarosso da 700nm in poi.

Dopo aver indagato a fondo il transito planetario, mi sono concentrato, per pura curiosità, a costruire le curve di luce delle stelle presenti nel campo che soddisfacevano i requisiti per una fotometria d'apertura di precisione.

Con una certa sorpresa, ho individuato nella stella GSC 02620-00648, di magnitudine nel rosso pari a 13,2, una presunta variabilità, con un'ampiezza di qualche centesimo di magnitudine. Dopo aver fatto qualche controllo con le curve di luce di stelle simili in magnitudine, mi sono convinto che effettivamente quella variabilità poteva essere reale, perché era propria solo di quella stella. Ho effettuato delle ricerche nel GVSC, nel VSX e nel SIMBAD per scoprire se la presunta variabilità di questo oggetto fosse nota, ma non ho trovato nulla a riguardo. Sembrava che si trattasse di una variabile non ancora conosciuta. Le probabilità in effetti erano alte, poiché si tratta di una stella piuttosto debole che esibisce variazioni molto ridotte in un tempo di circa 2 ore. Ho controllato anche nell'archivio Arxiv per vedere se gli scopritori del pianeta TrEs-4 l'avessero

individuata nel loro studio fotometrico. Con un certo stupore non esisteva menzione di questa variabile da nessuna parte.

La probabile stella variabile scoperta casualmente nello stesso campo del pianeta extrasolare TrEs-4.

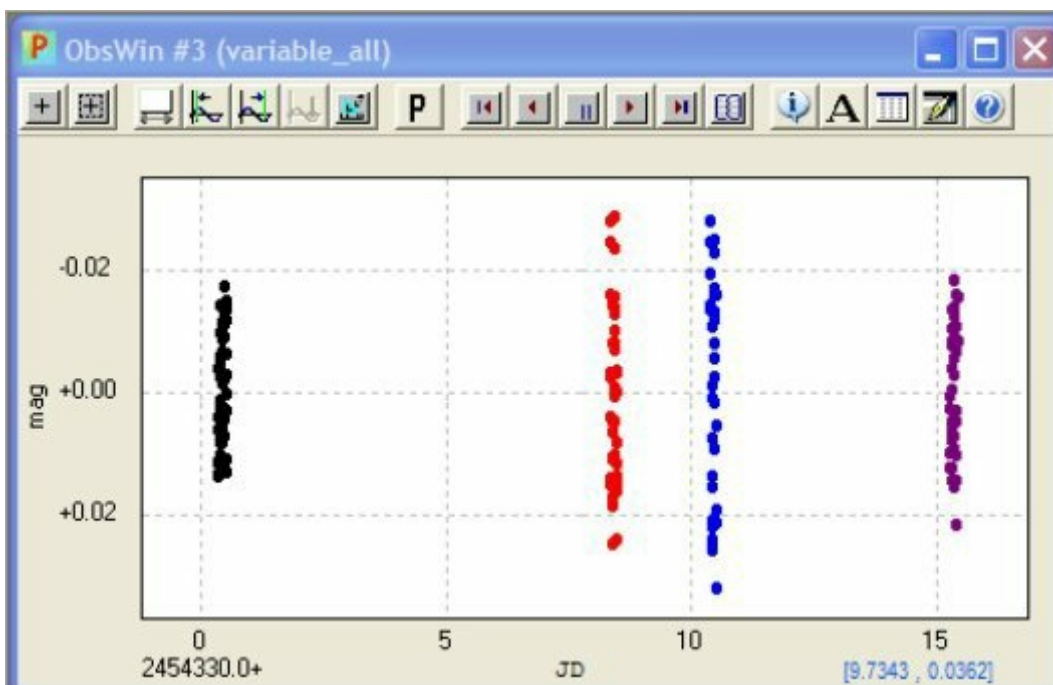
Ho deciso così di proseguire l'indagine ed ottenere altri dati. Ho seguito la stella per altre 3 notti, con filtri diversi, ottenendo in totale 169 dati fotometrici che testimoniano, tutti, la variabilità: i dati sono sufficienti per affermare che si tratta di una nuova variabile!

Prima di procedere alla pubblicazione dei dati, ho eseguito uno studio fotometrico accurato per estrapolare periodo, ampiezza, tipo di variabile e costruire la curva di luce finale che

raccoglie tutti i dati fotometrici.

Per fare questo mi sono servito del software Peranso. Queste sono le operazioni che ho effettuato e le conclusioni alle quali sono giunto.

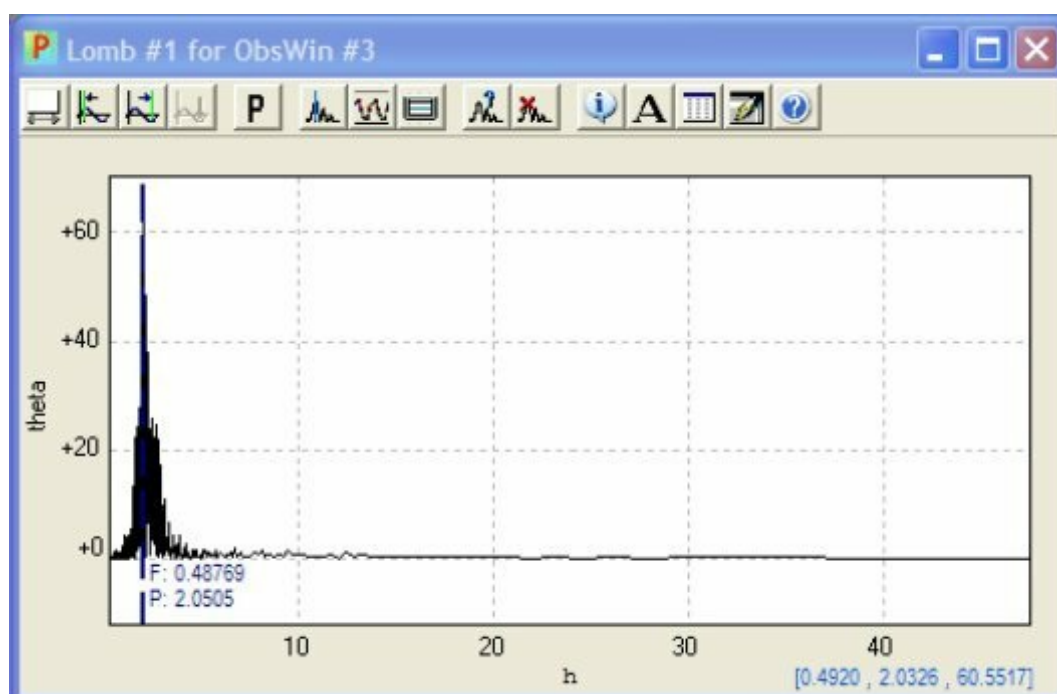
Dopo aver ottenuto le curve di luce delle 4 serate con Maxim Dl, le ho salvate in formato testuale e le ho importante in Peranso in un'unica curva di luce. Le 4 sessioni fotometriche unite in un'unica curva di luce sono distanziate ed hanno livelli diversi. Dobbiamo normalizzarle ad un valore comune, altrimenti non si può fare alcuna analisi.

Attraverso il comando "observation windows —> observation set —> subtract avg mag all" il programma calcola la magnitudine media di ogni curva e la sottrae a tutti i punti; in questo modo tutti i dati fotometrici vengono portati allo stesso livello.

Le osservazioni fotometriche delle quattro serate osservative raggruppate nello stesso grafico ancora in funzione del tempo.

Uno sguardo d'insieme ci suggerisce che le ampiezze delle

oscillazioni variano in funzione del filtro utilizzato (maggiori con il giallo e minori in IR), sia in funzione del tempo. Questo è un ottimo indizio che si tratti di una variabile pulsante, che mostra un comportamento meno regolare di quanto possa apparire.

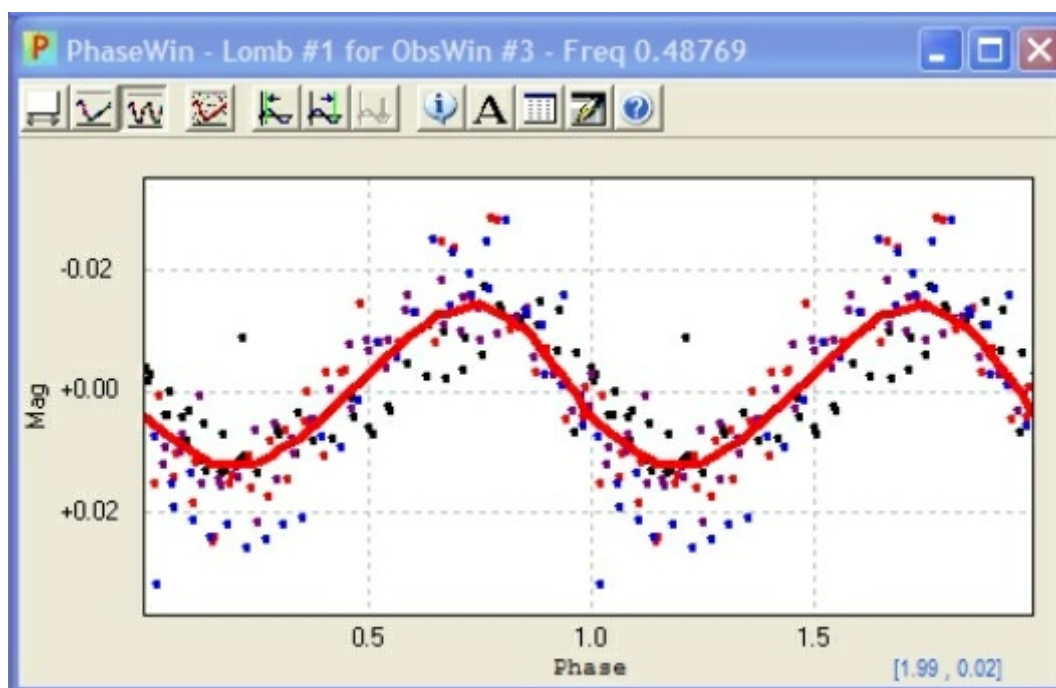
Cominciamo l'analisi più importante: quella del periodo.

Attraverso il metodo di Lomb-Scargle, selezionando un intervallo di tempo compreso tra 0,3 e 50 ore, con una risoluzione pari a 2000, è evidente un picco estremamente significativo a 2,05 ore. Questo è chiaramente il periodo identificato visualmente dalle curve di luce.

Peranso permette l'analisi di Fourier alla ricerca del periodo dei punti osservativi. In questo caso ha trovato il periodo di variazione principale pari a circa 2 ore.

Possiamo affinare questo valore affinando la risoluzione dell'analisi di fourier. Il periodo trovato, che corrisponde al picco massimo, comprensivo di incertezza (1-sigma) è: P = 2,0497±0,0029 ore.

Poiché il picco è molto evidente anche direttamente, non ci

sono dubbi sulla sua attendibilità, per questo è superfluo effettuare ulteriori verifiche. Possiamo costruire ora la curva di luce totale, che raccoglie tutte le osservazioni tenendo presente il periodo. La correlazione dei punti è perfetta. Possiamo sovrapporre ai punti una curva di fit, semplicemente cliccando la relativa icona: il programma sovrappone la curva calcolata con il metodo dei minimi quadrati (solo questa procedura avrebbe richiesto qualche decina di minuti di calcoli lunghi e tediosi, se

effettuata senza l'ausilio del programma!). A questo punto il fit ci dice l'ampiezza media della variabile: 0,026 magnitudini.

Trovato il periodo di variazione è possibile sovrapporre tutte le osservazioni fotometriche. Il grafico ottenuto ora è in funzione della fase (del periodo orbitale) e non più in funzione del tempo.

Dai dati ricavati e dal confronto della curva ottenuta con altre presenti in rete, è possibile identificare il tipo di variabile: senza dubbio si tratta di una delta scuti a piccole oscillazioni, un tipo di variabile piuttosto interessante.

Il lavoro, però, non è ancora finito. Quello trovato è il

periodo dominante, visibile anche ad occhio; è possibile che ci siano altri periodi minori, non individuati? Non fidarsi mai di ciò che l'occhio mostra, ma indagare sempre con strumenti più oggettivi e, soprattutto, non dare mai nulla per scontato finché non è stato accuratamente provato!

Proviamo ad eliminare l'andamento corrispondente al periodo trovato e analizzare i residui, attraverso il cosiddetto prewithening. Facendo partire una nuova analisi del periodo su questi sati, troviamo, con grande sorpresa, un altro picco, meno significativo, ma molto più grande del livello medio del rumore, corrispondente ad un periodo di 1,82 ore, diverso dal precedente!

Sembra che la nostra variabile sia multiperiodica, come accade non di rado alle delta scuti.

Possiamo procedere come prima ed affinare la conoscenza di questo secondo periodo, ricavando valore di 1,8261 ore.

Costruiamo di nuovo la curva di luce in fase e facciamo il fit dei dati; ricaviamo in questo modo, con un'ampiezza media di meno di 9 millesimi di magnitudine.

Dato l'elevato rumore e la poca significanza del picco, dobbiamo essere assolutamente certi che si tratti di un andamento reale. Questo controllo si effettua in due modi:

1) si effettua un'analisi di tipo spectral window, che serve ad identificare i picchi periodici dovuti al campionamento dei dati, ovvero i bias osservativi. L'analisi è del tutto simile a quella del periodo, solamente che in questo caso vengono mostrati i picchi periodici frutto del modo con cui sono stati raccolti i dati. In corrispondenza di 1,82 ore non si trova alcun picco. Il periodo non dipende dal modo in cui sono stati raccolti i dati.

2) Si effettua l'analisi di significanza sul periodo trovato. Questo procedimento è lungo ma molto importante. Il tempo di calcolo richiesto può superare abbondantemente qualche ora ma alla fine si otterrà il dato che serve: la probabilità che il picco trovato sia un artefatto. In questo caso i valori restituiti sono nulli, per questo possiamo dire, con buona confidenza, che il periodo secondario sia reale.

L'analisi è conclusa ma i dati ricavati non sono definitivi.

Il comportamento delle stelle di tipo delta scuti è molto particolare e spesso imprevedibile. L'ampiezza e, soprattutto, il periodo di pulsazione, possono variare nel tempo. In particolare, dobbiamo capire: i periodi trovati sono reali e definiti, oppure si tratta di una variazione nel corso del tempo di un singolo periodo?

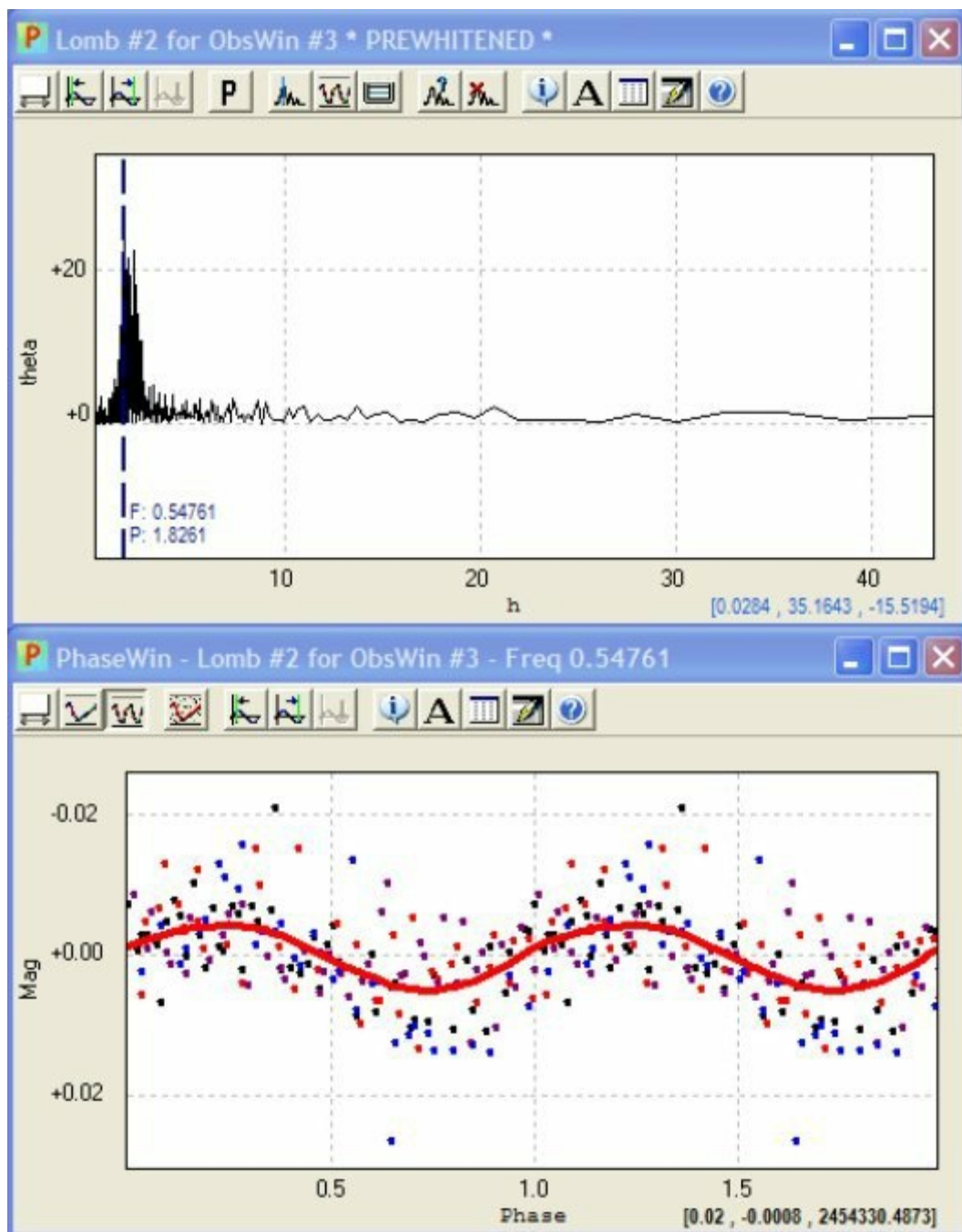
Per il momento possiamo dire che la nostra variabile mostra una duplice periodicità con ampiezze molto piccole. Si tratta probabilmente di una Delta Scuti che pulsa in modo non radiale, una stella estremamente importante per la cosiddetta astro sismologia, ovvero lo studio della struttura stellare attraverso le pulsazioni non radiali degli strati superficiali. Ulteriori osservazioni ed elaborazioni dei dati con Peranso saranno molto utili e in grado di dare elementi con basi ancora più solide.

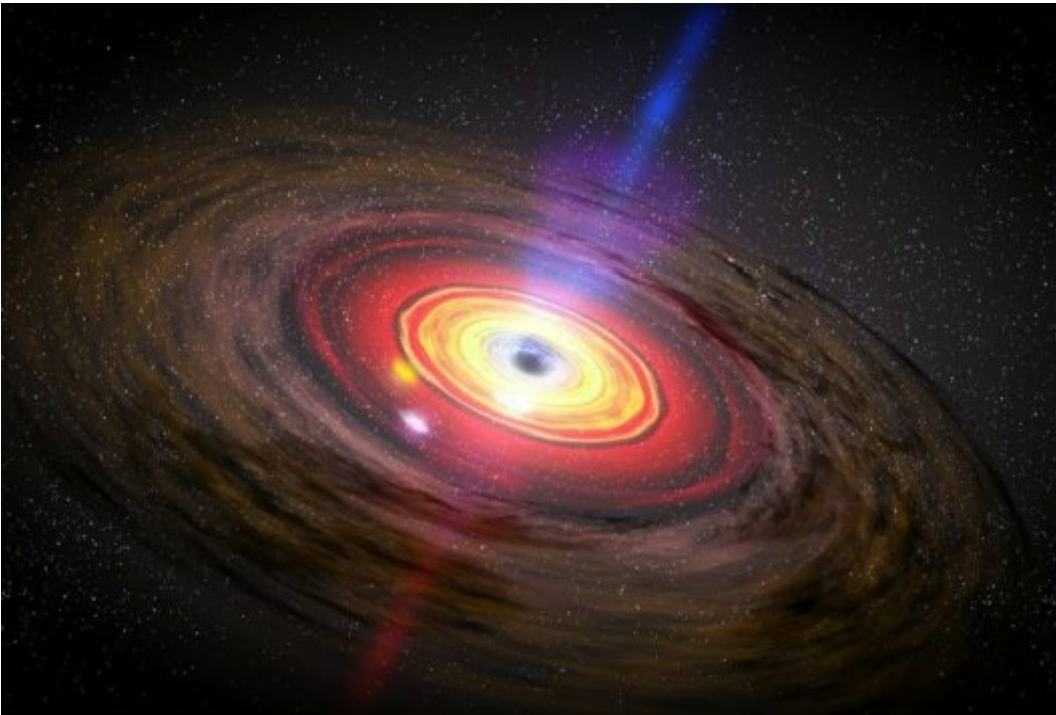
Intanto, però, possiamo decidere di rendere pubblici i dati, almeno quelli riguardanti la scoperta di questa variabile, con annessa la curva di luce in fase e il periodo primario. Per quando riguarda il secondo, presunto periodo, è bene aspettare ed ottenere un maggior numero di dati per poterne essere certi.

La variabile ora è stata inserita nel catalogo VSX dell'AAVSO

(http://www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail.top&oid=161025) dove sono riportate le coordinate, le proprietà, le curve di luce e, naturalmente, il nome dello scopritore.

Quando e se, si acquisiranno nuovi dati, non è da escludere la pubblicazione della scoperta e sello studio su una delle piattaforme citate nel paragrafo “a chi rivolgersi”.

In ogni caso, si tratta di un ottimo e veloce esempio di lavoro di ricerca: molto più breve dell’elaborazione di qualunque immagine astronomica, e, personalmente, molto più gratificante ed emozionante!

Una successiva analisi dei dati ha mostrato un secondo periodo, nascosto dal principale, ma ben visibile. La stella variabile è multiperiodica. Questo è un forte indizio che si tratta di una Delta Scuti del tipo a piccole oscillazioni, una stella pulsante molto comune nell'Universo.

Astrofisica

Alcuni degli articoli che vedremo sono estratti dal mio libro: "Nella mente dell'Universo"

Questa sezione, suddivisa in due rubriche, l'una un po' più tecnica, l'altra più semplice, rappresenta il cuore di questi volumi e ci proietta verso i grandi temi dell'astronomia teorica. Pianeti, stelle, galassie, buchi neri, quasar, nebulose, ammassi stellari, materia oscura, destino dell'Universo… Affronteremo insieme, mese dopo mese, un viaggio dal piccolo al grande, dal semplice al complesso, attraverso la struttura dell'Universo e le proprietà dei suoi strani abitanti. Per quanto possibile eviterò formule e concetti di difficile comprensione, rendendo l'articolo principale accessibile a tutti. La seconda parte, decisamente più rilassante, è a completa disposizione per tutte le domande sul Cosmo che la vostra mente riesce a concepire.

Le onde gravitazionali

Nel 1916 Albert Einstein terminò la stesura della teoria della relatività generale, a completamento di un lavoro iniziato oltre 10 anni prima con l'enunciazione della teoria della relatività speciale, di cui abbiamo visto un assaggio nel capitolo 13.

Come suggerisce la parola stessa, la teoria della relatività generale considera tutti i sistemi di riferimento, compresi quelli non inerziali, inizialmente tenuti fuori dall'enunciazione della relatività ristretta.

La complessità dell'argomento non mi permette di trattarlo in queste pagine, dedicate invece alla sfida, tutta tecnologica, nel rilevare un particolare tipo di onde previste da Einstein, ma ancora mai osservate direttamente a causa di evidenti limiti tecnologici.

La ricerca delle onde gravitazionali è uno dei campi dell'astrofisica su cui si sono investite maggiori risorse, la cui scoperta potrebbe rivoluzionare e migliorare moltissimo le nostre conoscenze dell'Universo.

Ma andiamo per gradi, cercando di capire cosa sono le onde gravitazionali e successivamente cercare di sviluppare dei modi per poterle rilevare.

Come possono essere pensate le onde gravitazionali

Un’onda è un qualche tipo di perturbazione periodica nello spazio e nel tempo che trasporta energia ma non materia. Una corda tesa che viene agitata a uno dei capi produce un’onda, che possiamo considerare come l’informazione dell’oscillazione che si propaga lungo tutta la lunghezza della corda. In effetti, se ci pensiamo bene, l’onda su una corda si produce quando uno dei due capi viene fatto oscillare in alto e in basso, in altre parole quando uno dei due capi viene sottoposto a un cambiamento di velocità, quindi a un’accelerazione. Questa è una regola alla quale si adattano bene anche le onde elettromagnetiche: ognuna infatti si produce solamente quando una o più cariche elettriche vengono fatte oscillare proprio come i capi della corda.

Considerando questo punto di vista, possiamo ipotizzare che esista un’altra famiglia di onde, chiamate onde gravitazionali.

Senza indagare le questioni fisiche riguardanti la gravitazione, possiamo fare un parallelismo tra la forza gravitazionale nella descrizione classica di Newton e quella del campo elettrico.

Ogni oggetto dotato di massa produce una forza di gravità.

Secondo Einstein nessuna informazione può viaggiare più veloce della luce, ergo la stessa informazione sulla forza di gravità di ogni oggetto non può che viaggiare al massimo alla velocità della luce.

In altre parole, se per assurdo dovesse comparire una stella a una distanza di 10 anni luce in questo preciso momento, noi vedremmo le onde elettromagnetiche emesse tra 10 anni e sentiremmo la sua presenza gravitazionale tra altrettanto tempo.

Questa è una curiosità alla quale magari nessuno di voi aveva

pensato, ma non è il fulcro del nostro ragionamento.

Immaginiamo ora (idealmente) di prendere un oggetto molto massiccio, concentrato e totalmente neutro, come una stella di neutroni, e di farlo oscillare attorno a una posizione di equilibrio, proprio come abbiamo fatto con una carica per provare e caratterizzare l'esistenza delle onde elettromagnetiche.

In questo caso il corpo è elettricamente neutro, quindi non si avrà la produzione di onde elettromagnetiche. Tuttavia, se al posto del campo elettrico consideriamo il campo gravitazionale, possiamo notare una forte analogia con il caso della carica. In particolare, l'oscillazione della stella di neutroni produce delle variazioni periodiche del campo gravitazionale con una frequenza uguale a quella dell'oscillazione.

La situazione è identica al caso di una carica, con la differenza che il campo gravitazionale oscillante non origina un altro campo, come invece il campo elettrico.

Non vi è dubbio però che le oscillazioni del campo gravitazionale si propaghino nello spazio alla velocità della luce.

In un punto fissato dello spazio un osservatore noterà che i valori del campo gravitazionale della sorgente cambiano in modo periodico nel tempo.

Abbiamo effettivamente trovato un modo per generare un'onda gravitazionale.

Siamo arrivati, senza formule ma con un semplice ragionamento, a uno dei concetti più importanti della fisica e dell'astrofisica contemporanea: la variazione di un campo gravitazionale da vita a un'onda gravitazionale.

Un tale tipo di onda altri non è che l'informazione sul valore di un campo gravitazionale variabile che si propaga nello spazio-tempo, esattamente come un'onda elettromagnetica (per ora; tra

poco vedremo che in realtà le cose sono leggermente diverse).

Fantastico: oltre alle onde elettromagnetiche lo spazio è pervaso anche da onde gravitazionali, che ci danno informazioni sul comportamento di tutti gli oggetti il cui campo gravitazionale per qualche ragione (oscillazioni, esplosioni, rotazioni, asimmetrie) varia nel tempo.

Le proprietà delle onde gravitazionali ci suggeriscono come rilevarle

La ricerca delle onde gravitazionali è in corso sin dagli anni 60, ma fino a ora, oltre a qualche prova indiretta, non si è mai trovata la cosiddetta “pistola fumante”, ovvero non si è mai misurata un’onda gravitazionale direttamente.

Quale è il motivo di queste difficoltà tecniche? Sostanzialmente la grande debolezza della forza di gravità, di gran lunga la più debole di tutte le forze della Natura.

In effetti diventa impossibile costruire in laboratorio oggetti abbastanza massicci da produrre un campo gravitazionale talmente forte da generare onde gravitazionali misurabili dagli attuali strumenti.

Molto più semplice risulta studiare quella moltitudine di fenomeni violenti ed esotici continuamente prodotti dall’Universo.

Quali possono essere questi fenomeni?

Candidati ideali per questo scopo sono i sistemi doppi estremamente stretti, magari formati da stelle esotiche, come le pulsar, o da buchi neri, oppure l’esplosione di stelle come supernovae e la conseguente creazione di stelle di neutroni o buchi neri.

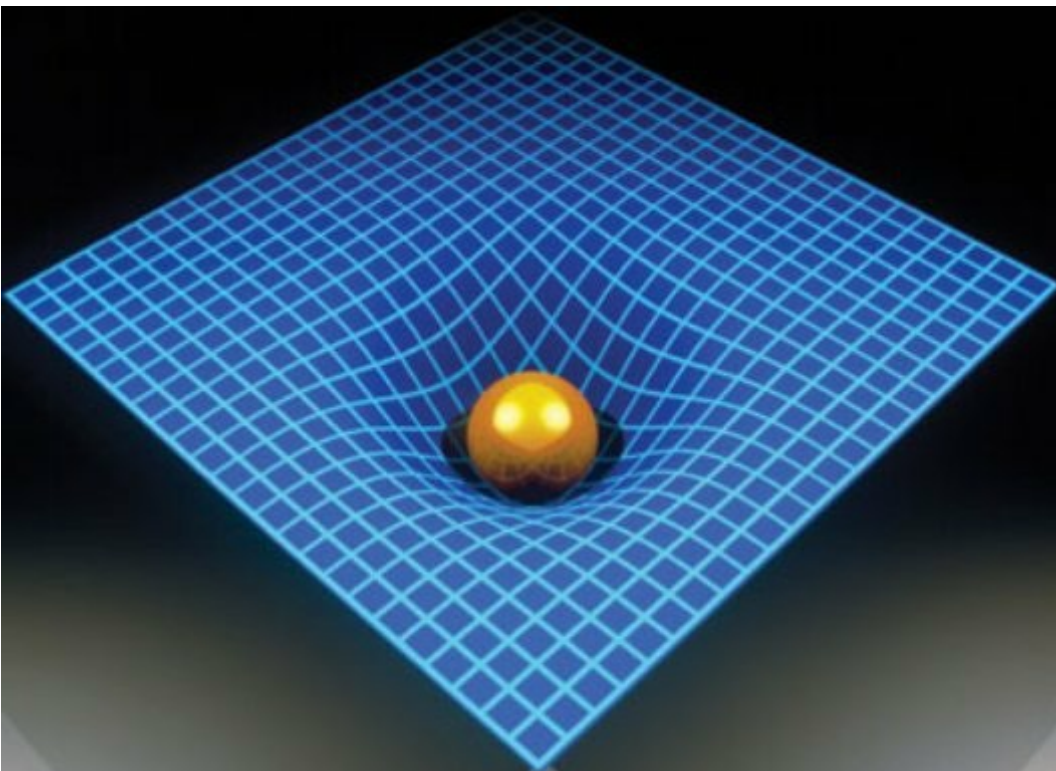
Un sistema doppio molto stretto formato da due stelle di neutroni sul punto di fondersi ruota con un periodo anche superiore alle 100 volte al secondo. Di conseguenza la frequenza delle onde gravitazionali emesse sarà dello stesso ordine di grandezza (per la precisione è doppia, visto che una rotazione completa è osservata come una doppia oscillazione).

Un’onda gravitazionale di frequenza pari a 100 Hz ha una

lunghezza d’onda di circa 3.000 km, davvero enorme e molto difficile da misurare anche perché di intensità estremamente debole.

Per capire bene come sia possibile rilevare le onde gravitazionali, dobbiamo necessariamente tirare in ballo alcuni punti cardine della teoria della relatività generale di Einstein e scoprire alcune proprietà particolari. Non vi spaventate, non ci sarà nessuna formula, promesso!

La teoria della relatività generale di Einstein descrive la forza di gravità come una distorsione del tessuto dello spazio-tempo prodotta dalla presenza di masse.

Possiamo immaginare il classico esempio secondo cui lo spazio è costituito da una sottile rete sulla quale sono poggiati i corpi celesti, che a causa della loro massa la incurvano generando la forza di gravità (figura sotto).

Secondo la teoria della relatività generale, la gravità è l’effetto dell’incurvatura dello spazio-tempo prodotta dalla presenza di qualsiasi massa. Quando la massa oscilla o cambia, il tessuto spazio-temporale viene alterato:

queste sono le onde gravitazionali.

Bene, tenendo in mente questo schema relativamente facile da visualizzare, cerchiamo di dare una spiegazione migliore delle onde gravitazionali, che ci sarà molto utile nel capire come rilevarle.

Le onde gravitazionali non sono altro che increspature in questa rete chiamata spazio-tempo che si propagano alla velocità della luce.

Un'analogia perfettamente calzante si può fare considerando cosa succede quando siamo immersi in uno specchio d'acqua calmo (un lago).

Se siamo immobili la superficie dell'acqua è ferma; quando cominciamo a muoverci l'informazione del nostro movimento si propaga attraverso lo specchio d'acqua con la comparsa di increspature superficiali, tanto che questo è il meccanismo con cui i pesci percepiscono la nostra presenza, ma solo dopo il tempo necessario alle increspature di raggiungerli. Le onde gravitazionali possono essere pensate in modo simile: quando qualcosa disturba il tessuto spazio-temporale le informazioni si propagano come un'onda gravitazionale.

Siamo giunti quasi alla risposta alla domanda iniziale di questo paragrafo: come si rilevano le onde gravitazionali?

Consideriamo ancora lo specchio d'acqua nel quale siamo immersi e disseminiamolo di una decina di piccole palline di polistirolo poste a una stessa distanza.

Adesso muoviamoci in modo che si creino onde in superficie e osserviamo cosa succede alle palline: le oscillazioni che compiono fanno variare inevitabilmente la distanza relativa.

Sebbene con qualche dovuto distinguo, le onde gravitazionali

producono un effetto simile: increspando lo spazio-tempo fanno inevitabilmente variare la distanza tra due oggetti.

Un'onda gravitazionale è un cambiamento del tessuto spazio-temporale stesso.

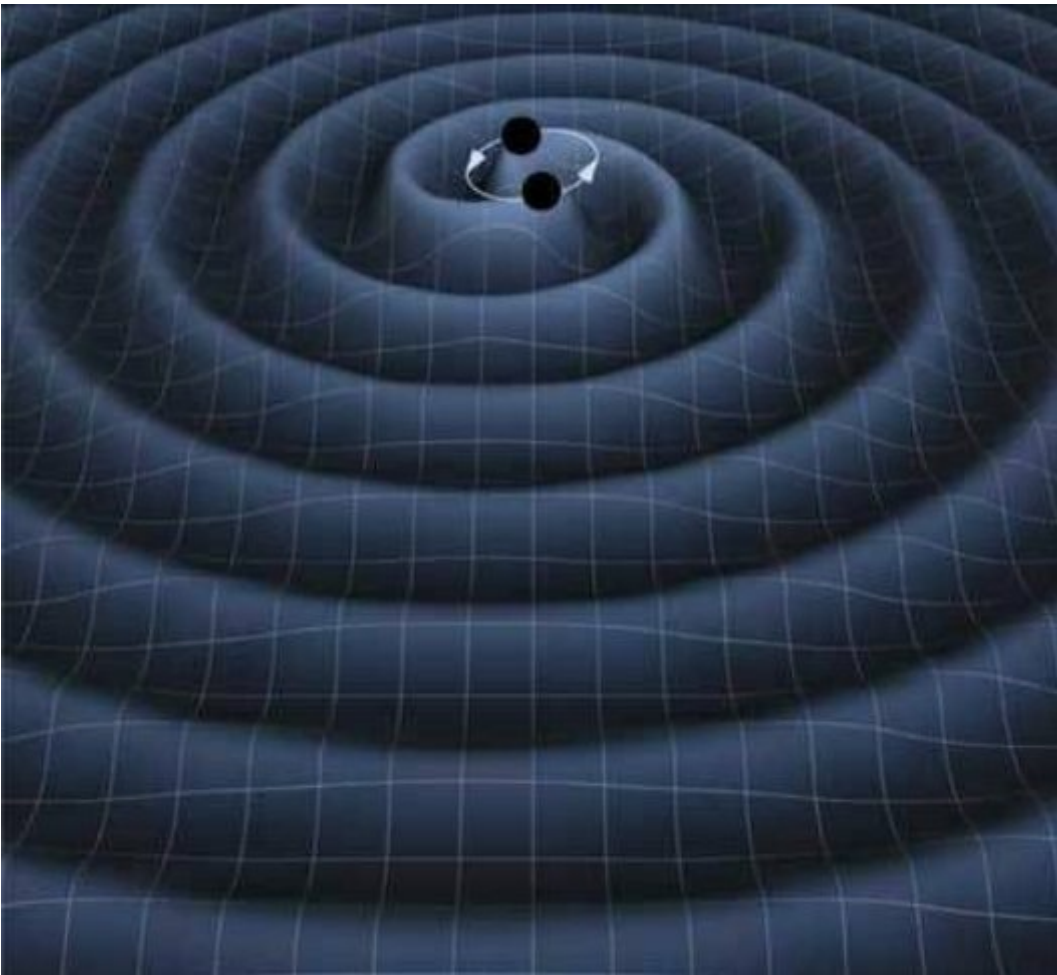
Siamo arrivati a un concetto un po' forte da accettare.

L'idea di spazio così come lo conosciamo, duramente provata dai principi della relatività ristretta, viene irreparabilmente sovvertita rispetto all'esperienza.

La distanza tra due oggetti, anche in quiete l'uno rispetto all'altro, non è sempre la stessa ma varia quando passa un'onda gravitazionale.

Abbiamo anche scoperto la differenza sostanziale con le onde elettromagnetiche: queste usano lo spazio e il tempo come una specie di mezzo di propagazione; le onde gravitazionali sono invece il risultato della modificazione dello spazio-tempo, proprio perché la gravitazione è una deformazione di questo tessuto cosmico.

State tranquilli, lo spostamento prodotto da un'onda gravitazionale è infinitesimo, dell'ordine di 10^{-21} m per uno spazio tipico di un metro, un milione di volte inferiore alle dimensioni di un protone!

E' qui la sfida, tutta tecnologica, nel rilevare questo tipo di onde, ed è proprio in questo ambito che si può ammirare con estremo stupore il genio dell'essere umano, in grado di concepire macchinari veramente fantascientifici.

La gravità è una deformazione dello spazio e del tempo. Quando l'intensità varia a causa, ad esempio, di un moto, la deformazione spazio-temporale cambia a intervalli periodici e genera un'onda gravitazionale. Queste onde non usano lo spazio come mezzo di propagazione, ma sono perturbazioni dello spazio stesso: le distanze tra due punti variano al passaggio di un'onda gravitazionale.

Gli esperimenti presenti e futuri

Come abbiamo detto proprio in apertura, l’esistenza delle onde gravitazionali è stata teorizzata dalla teoria della relatività generale di Einstein. Pensate al grande genio del fisico tedesco che è riuscito a caratterizzare una grandezza che a un secolo di distanza non riusciamo a misurare in modo univoco. Non è azzardato affermare che la teoria abbia anticipato di cento anni lo sviluppo tecnologico in grado di rilevarne tutte le conseguenze più profonde!

Scoprire in modo diretto e inequivocabile l’esistenza delle onde gravitazionali rappresenterebbe un successo enorme per fisici teorici, astrofisici, cosmologi e ingegneri impegnati nella costruzione di apparati così sofisticati per la loro rilevazione.

Prove indirette, che tra l’altro sono perfettamente compatibili (ancora una volta) con la teoria di Einstein, ve ne sono ormai di conclamate.

La prova più importante arrivò nel 1993, quando gli astronomi Russel Hulse e Joseph Taylo scoprirono al radiotelescopio di Arecibo un sistema binario formato da due stelle di neutroni in rapida rotazione.

Gli astronomi capirono che il sistema era destinato a fondersi perché le orbite non erano stabili ma stavano lentamente avvicinandosi a causa di una perdita di energia. La perdita di energia delle orbite stellari non si spiega in alcun modo se non con l’emissione di grandi quantità di onde gravitazionali, seguendo in modo impeccabile le previsioni suggerite dalla teoria della relatività generale di Einstein.

La scoperta valse ai due astronomi il premio Nobel e rappresentò la prima prova chiara che confermava in modo

preciso le previsioni di Einstein di quasi 100 anni prima.

Sebbene nessuno metta in dubbio l'esistenza delle onde gravitazionali, rimane il problema della loro rilevazione diretta.

Rilevare le onde gravitazionali direttamente, proprio come si riesce a misurare la quantità di radiazione elettromagnetica proveniente dalle stelle, aprirebbe le porte a un modo rivoluzionario di studiare l'Universo e consentirebbe di scoprire molti dei segreti che ancora gelosamente custodisce.

Come è possibile però misurare un cambiamento dello spazio tra due oggetti di appena 10^{-21} m a seguito del passaggio di un'onda gravitazionale? E' possibile?

Il principio alla base è ingegnoso e prende spunto dall'idea avuta da Michelson e Morely per la costruzione dell'apparato in grado di misurare il vento d'etere sul finire del 900.

Non è infatti possibile pensare di misurare una variazione di spazio così piccola con un normale metro o con un microscopio perché vi sono evidenti limiti naturali.

Il principio su cui ci si basa è l'interferenza della luce.

Vista la costanza della velocità della radiazione elettromagnetica, essa è sicuramente il metro migliore di cui possiamo disporre per le nostre misurazioni.

Un raggio di luce monocromatico viene diviso in due raggi identici che percorrono percorsi molto lunghi e diversi, generalmente l'uno perpendicolare all'altro.

Visto che la velocità di percorrenza è fissata, se cambia anche di pochissimo lo spazio percorso da uno dei dure raggi, a causa della presenza di un'onda gravitazionale, quando si ricongiungono non si troveranno più perfettamente in fase, ma spostati di un angolo direttamente collegato alla differenza di percorso che hanno dovuto affrontare.

Un apparato del genere si chiama interferometro perché utilizza il fenomeno dell'interferenza delle onde elettromagnetiche per le misurazioni.

maggiore è lo spazio di misurazione, maggiore è la deformazione spaziale misurabile a seguito del passaggio di un'onda gravitazionale, migliore è anche la precisione nelle misurazioni.

Per questi motivi gli apparati in grado di rilevare le onde gravitazionali devono essere sostanzialmente grandi e far percorrere alla luce, grazie anche a degli specchi, un cammino di diverse decine di chilometri.

Uno spazio di qualche chilometro tra due specchi verrebbe distorto di appena 10^{-18} m.

Il problema è che per misurare differenze di percorso di questa entità tutto l'apparato deve essere costruito con una precisione inferiore a questo valore, con l'aggiunta che il tragitto percorso dalla luce deve essere lungo svariati chilometri.

Capite da soli che costruire qualcosa che risponda a queste caratteristiche mette veramente a dura prova le capacità umane!

Nonostante le difficoltà, attualmente ci sono diversi rilevatori di onde elettromagnetiche in grado di rispettare questi standard, tra cui il più importante è sicuramente VIRGO, progetto italo-francese installato nelle campagne della provincia di Pisa.

VIRGO utilizza un raggio laser estremamente potente e stabile diviso in due fasci identici che percorrono cammini differenti, rimbalzano 50 volte su degli specchi per allungarne il percorso, successivamente ricombinati e osservati attentamente per capire se vi sono state differenze apprezzabili di cammino. Il tutto è naturalmente (come se non fosse abbastanza complesso) sotto uno dei vuoti più spinti che si possano ottenere sulla Terra,

un milione di volte più rarefatto dell'aria che respiriamo (necessario perché altrimenti la luce non si propaga più a velocità c).

Se questo esperimento vi sembra fantascientifico, un altro, denominato LISA, avrebbe potuto essere assolutamente meraviglioso. Peccato che a causa dei continui tagli al budget sia per ora scomparso dai programmi delle agenzie coinvolte, la NASA e l'ESA.

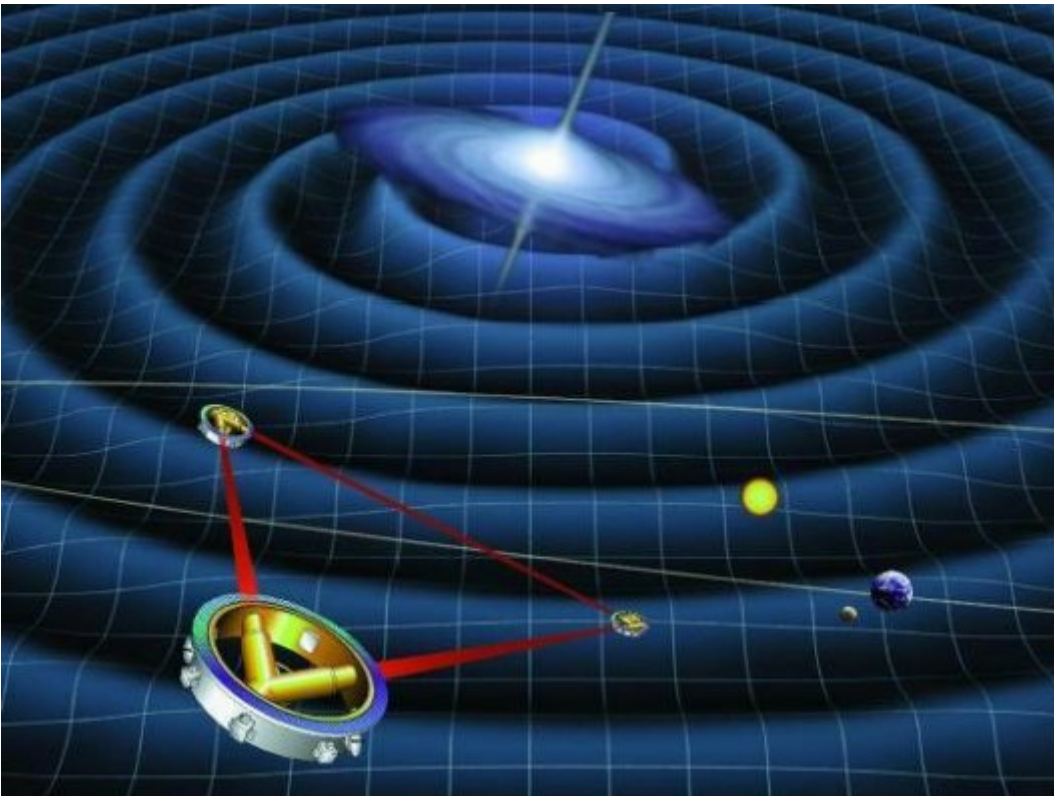
La missione LISA avrebbe dovuto essere costituita da tre satelliti indipendenti che avrebbero orbitato intorno al Sole a formare un triangolo equilatero immaginario con lati di 5 milioni di chilometri. Ogni satellite sarebbe stato dotato di un cubo di oro e platino libero di fluttuare nello spazio; tutti e tre sarebbero stati collegati da altrettanti laser, con il compito di controllare la posizione dei rispettivi cubi.

Grazie alla grande distanza che avrebbe separato i rilevatori, il passaggio di un'onda gravitazionale avrebbe dovuto generare uno spostamento tipico tra due satelliti di 10^{-12} m, rilevabile dai laser, e provare per la prima volta in modo diretto l'esistenza delle onde gravitazionali.

Tutto questo sembra davvero fantascienza e forse lo resterà, ma per mere e poco affascinanti questioni economiche. Però, misurare uno spostamento di 10^{-12} m di due masse di platino e oro fluttuanti nello spazio a 5 milioni di km l'una dall'altra e collegate da un raggio laser, mentre orbitano a una velocità prossima a 30 km/s, è alla nostra portata e forse un giorno, quando smetteremo di spendere tutte le nostre risorse nel farci la guerra, lo realizzeremo.

Come parte di un Universo meravigliosamente intelligente, anche l'essere umano, se vuole, può dimostrare il suo grande

potenziale cercando di scoprire i segreti che gelosamente custodisce. Basta semplicemente volerlo e tutto diventa possibile.

VIRGO è un grande interferometro dedicato alla rilevazione delle onde gravitazionali.

Rappresentazione artistica dell'avveniristico progetto LISA per la rilevazione delle onde gravitazionali.

Domande e risposte

Questo spazio, all'interno della sezione di astronomia teorica, è rivolto a tutti coloro che trovano irresistibili i grandi temi dell'astronomia, ma allo stesso tempo credono che siano al di fuori della loro portata.

Non è così, e spero di dimostrarvelo rispondendo, di volta in volta, a un paio di domande semplici. Non lasciatevi ingannare da questo aggettivo: nell'Universo a domande facili corrispondono spesso risposte articolate e davvero sorprendenti.

Queste domande sono estratte dal mio libro "125 domande e curiosità sull'astronomia", quindi se siete troppo curiosi dategli un'occhiata.

L’Universo è infinito?

Ci sono due modi per l’Universo di essere infinito: nello spazio e nel tempo.

L’Universo, infatti, potrebbe avere un’estensione infinita, ma potrebbe anche essere esistito da sempre, quindi avere un’età infinita.

Molto si discute, ancora, soprattutto sulla sua estensione, ma prima di addentrarci in qualcosa di più complesso, meglio escludere qualche ipotesi.

È infatti impossibile che l’Universo sia infinito nello spazio e nel tempo contemporaneamente. Quindi, al limite, può avere estensione infinita ma età finita, o viceversa.

Nel diciannovesimo secolo un astronomo tedesco propose infatti una specie di esperimento mentale, che presto sarebbe stato conosciuto nel mondo scientifico come paradosso di Olbers.

Se l’Universo è sempre esistito ed ha estensione infinita, allora vuol dire che contiene infinite stelle. Moltissime saranno troppo lontane per essere osservate direttamente, anche dai più potenti telescopi, ma il concetto di infinito è veramente potente.

In particolare, se il cielo è popolato da infiniti astri, allora esso non potrebbe essere buio di notte, ma brillare come la superficie di una stella. Addirittura, quindi, noi non potremmo distinguere neanche il Sole, accecati dalla luce delle infinite stelle che si somma e raggiunge il nostro pianeta.

Evidentemente questo ragionamento non è corretto, perché il cielo di notte, fortunatamente, non è brillante come il Sole.

Come si risolve, quindi, il paradosso? La soluzione più semplice è che esso, appunto, non sia infinito nello spazio o, in

alternativa, esista da un tempo finito. Visto che la luce viaggia a una velocità finita, seppur grande, se l'Universo fosse infinito come estensione, ma non esistesse da un tempo infinito, la luce delle stelle infinitamente lontane non avrebbe avuto il tempo per raggiungerci, quindi la porzione di Universo che possiamo osservare realmente è comunque finita e sempre lo sarà.

La parte di Universo a noi accessibile dipende, evidentemente, dall'età stessa dell'Universo e definisce quello che viene chiamato Universo osservabile.

Al contrario, invece, l'Universo potrebbe essere esistito da sempre, risultare statico, ma avere un'estensione finita. Anche in questo caso il cielo notturno apparirebbe scuro.

Qual è la teoria più corretta?

Lo scopriremo tra pochissimo.

L’Universo è sempre esistito?

Fino agli anni venti del novecento il paradosso di Olbers, enunciato addirittura anche da precedenti scienziati del calibro di Keplero e Newton, non aveva però abbastanza dati per essere risolto in un modo o nell’altro.

Poi, la prima svolta si ebbe sul finire degli anni venti, quando un astronomo americano, Edwin Hubble, fece una serie di scoperte rivoluzionarie.

Dotato del telescopio più grande di quel tempo, Hubble dapprima riuscì a scoprire la vera natura di alcuni oggetti nebulosi. Non si trattava infatti di grandi distese di gas dalle quali nascevano le stelle, ma di altre galassie, esterne alla nostra, che popolavano l’Universo e lo rendevano un luogo migliaia di volte più grande di quanto si credesse fino a quel momento.

Approfondendo lo studio di questi oggetti, Hubble capì anche che quasi tutti, a eccezione delle galassie più vicine, si allontanavano dalla Terra.

Ma com’è possibile che in qualsiasi direzione si guardi, le galassie sembrano allontanarsi da noi?

Non è qualcosa che si può spiegare con un semplice movimento nello spazio, se non altro perché in questo caso ci sarebbe una direzione nella quale gli oggetti sembrerebbero allontanarsi e un’altra, opposta, nella quale invece li vedremmo avvicinare.

Hubble fece anche un’altra scoperta: maggiore era la distanza delle galassie, più velocemente sembravano allontanarsi.

Quella che ben presto sarebbe stata ricordata come la legge di Hubble, è uno dei pilastri della cosmologia, la scienza che studia la struttura e l’evoluzione dell’Universo.

Il particolare comportamento delle galassie, si spiega solamente ammettendo che non sono loto a muoversi, ma è lo spazio che ci separa ad espandersi.

Per comprendere meglio, si può considerare una torta che lievita, sulla cui superficie l'uvetta rappresenta le galassie.

Esse possono anche non muoversi attraverso lo spazio, restando ancorate sulle loro posizioni, ma quando la torta lievita, la loro distanza cambia lo stesso, come se ci fosse un moto di allontanamento reciproco.

Questo movimento, però, è apparente, perché è lo stesso spazio a espandersi. Da qualsiasi punto di riferimento osservassimo, infatti, vedremmo tutte le altre uvette allontanarsi da noi tanto più velocemente quando più sono distanti, semplicemente perché la porzione di spazio in espansione è maggiore.

Se l'Universo si sta espandendo, non è difficile comprendere che andando a ritroso nel tempo si possa arrivare a un momento in cui tutto era concentrato in un punto ben più piccolo di un atomo. Questa data, collocata attualmente a 13,7 miliardi di anni fa, corrisponde al momento in cui questo nostro Universo ha avuto inizio, attraverso quello che venne chiamato in modo ironico da uno dei più grandi contestatori di questa teoria, Big Bang, il grande botto.

Astronautica

Questa sezione è estratta dal libro: "Conoscere, capire, esplorare il Sistema Solare".

Siamo arrivati allo spazio dedicato agli amanti dell'esplorazione dello spazio.

L’astronautica, con le sue sfide tecnologiche, i pericoli, i grandi e spettacolari risultati scientifici, è una disciplina che non può non interessare, al di là della passione per l’astronomia.

Grazie all’esplorazione del nostro Sistema Solare abbiamo imparato moltissime nozioni, anche per quanto riguarda il funzionamento e le proprietà del nostro delicato e prezioso pianeta, senza contare il salto tecnologico enorme compiuto grazie a dei sognatori che di fronte a difficoltà, spesso enormi, non si sono arresti e hanno sempre cercato di raggiungere le stelle.

L’esplorazione di Marte

Marte, il pianeta a noi più vicino, poco dopo l’inizio delle osservazioni astronomiche ha cominciato ad attirare sempre maggiori attenzioni da parte della comunità astronomica prima, e del grande pubblico poi.

L’avanzare degli strumenti convinse molti astronomi che sulla superficie del pianeta rosso vi fossero enormi canali artificiali con il compito di rifornire d’acqua le enormi e avanzate città. Insomma, Marte sembrava essere a tutti gli effetti il nostro gemello perfetto.

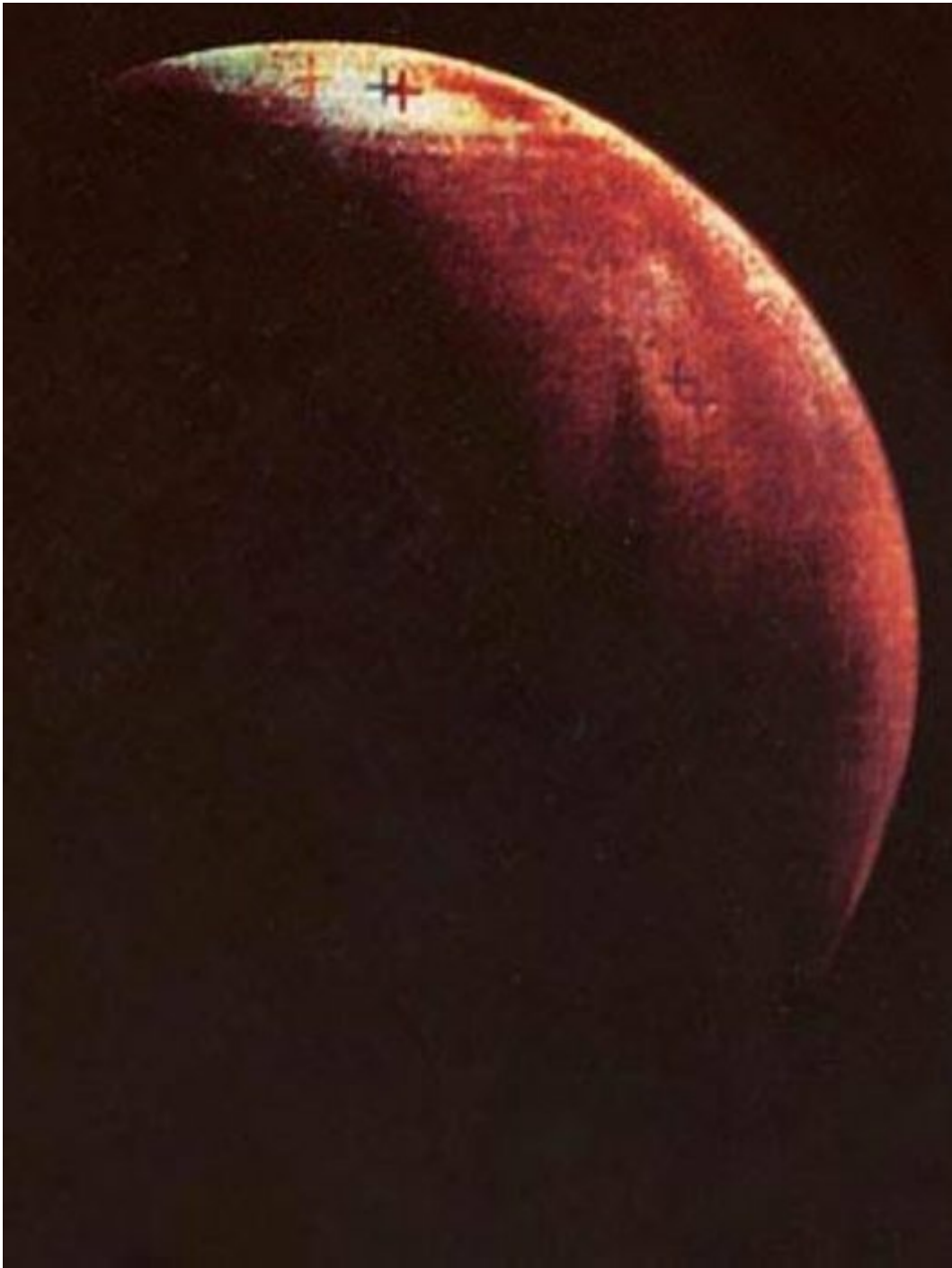
Romanzi, film e successive osservazioni avevano contribuito a creare una sorta di coscienza collettiva convinta, e a volte anche spaventata, che Marte potesse essere abitato da esseri tecnologicamente molto avanzati.

Quando lo sviluppo scientifico ha permesso all’uomo di lasciare la superficie della Terra, raggiungere Marte per capire cosa potesse effettivamente nascondere quel misterioso pianeta è stata la priorità di tutti gli scienziati.

Non è un caso che la prima sonda interplanetaria della storia avesse come obiettivo Marte e non il più vicino Venere.

Con la missione Mars1960A il 10 ottobre 1960 i sovietici diedero ufficialmente inizio alla corsa per la conquista dei pianeti, addirittura prima di riuscire a portare un uomo in orbita. Purtroppo, però, la sonda non lasciò mai neanche la rampa di lancio a causa di un’avaria al razzo. Questo primo e forse precoce tentativo fallito dai sovietici è rappresentativo di quella che da più parti sarebbe stata ben presto definita la maledizione

marziana.

Delle 18 missioni lanciate, nessuna ha raggiunto in pieno i propri obiettivi e solo una è riuscita a toccare sana e salva la superficie. Mars 3 il 2 dicembre 1971 fu la prima della storia a posarsi delicatamente sul pianeta rosso, ma le trasmissioni si interruppero dopo appena 15 secondi dall'atterraggio.

Una delle rare immagini marziane provenienti da una sonda russa, Mars-3, risalente ai primi mesi del 1972.

Il suolo rosso mattone di Marte è stato per ora conquistato con pieno successo solamente da sonde americane, nonostante negli ultimi anni ci abbia provato, con esito negativo, anche l'agenzia spaziale europea.

La sfortuna dei russi è proseguita anche dopo il crollo dell'Unione Sovietica e la faticosa rifondazione del programma spaziale. La sonda Phobos-Grunt, che doveva segnare il ritorno all'esplorazione interplanetaria, non ha mai lasciato l'orbita terrestre e nel gennaio 2012 si è disintegrata a contatto con l'atmosfera della Terra.

In una serie di lunghi successi tutti americani, sono diverse le tappe fondamentali.

Le prime immagini arrivarono da Mariner 4 il 14 luglio 1965 dopo un viaggio di sette mesi e mezzo.

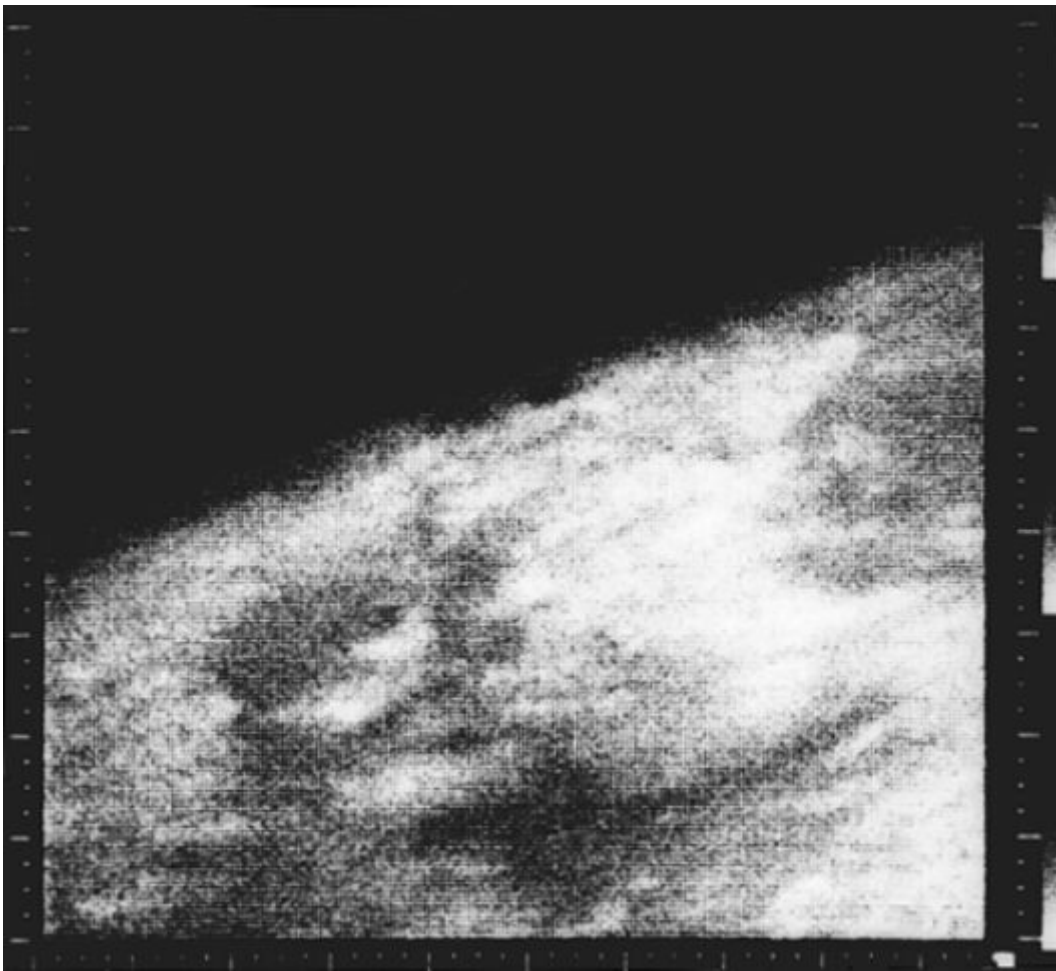
Le aspettative per questa missione erano davvero elevate: finalmente si sarebbe potuto far luce sulla ormai centenaria questione marziana.

I canali osservati dall'astronomo Schiaparelli cento anni prima erano veramente tutti frutto di illusioni ottiche? Quale poteva essere lo spessore dell'atmosfera? Ci sarebbero state tracce evidenti di acqua, di un campo magnetico simile a quello terrestre o di fenomeni di tettonica a zolle? Si potevano immaginare grandi città costruite da una civiltà tecnologicamente avanzata, come profetizzato dal romanzo "La guerra dei Mondi" di George Wells?

Sebbene le immagini di Mariner 4 non brillassero per qualità, furono più che sufficienti per cominciare a togliere il velo di mistero che avvolgeva il pianeta.

La sonda interplanetaria mostrò un mondo piuttosto arido e desolato, craterizzato, ma anche modellato da eventi atmosferici

rilevanti.

Possiamo solamente immaginare l'emozione degli scienziati della NASA che dalla sala di controllo missione vedevano arrivare in diretta, a una velocità di appena 117 kbit/s (un telefono cellulare odierno ha velocità di trasmissione nettamente superiori!), le immagini e tutti gli altri dati provenienti dalla sonda. Chissà quali possono essere state le emozioni nell'osservare immagini provenienti da un altro pianeta, giunte su quei monitor in bianco e nero dopo un viaggio di 100 milioni di chilometri nel vuoto dello spazio.

15 luglio 1965: Mariner 4 a 17.000 km da Marte trasmette la prima immagine della storia di un altro pianeta.

Mariner 4 aveva cominciato a risolvere i grandi interrogativi del pianeta, cancellando definitivamente l'idea della presenza di

un’avanzata civiltà.

Ma se gli appassionati potevano considerarsi sazi, e anche un po’ delusi, gli scienziati erano ancora più in fermento, perché ogni mistero risolto dalle riprese sgranate di Mariner 4 aveva generato almeno una decina di domande che avrebbero dovuto ricevere risposte in breve tempo.

Fu così che undici anni più tardi (20 luglio e 3 settembre 1976) partirono quelle che per molti anni a venire sarebbero state le missioni automatiche più complesse e costose della storia dell’astronautica.

Viking 1 e 2 erano due satelliti gemelli con obiettivi ambiziosi e mai tentati con successo fino a quel momento.

Ogni sonda era composta da due parti: un orbiter con il compito di immettersi nell’orbita del pianeta rosso diventandone un satellite artificiale, e un lander, che come suggerisce il termine inglese aveva l’obiettivo di atterrare.

Entrambe le missioni riuscirono perfettamente (cosa tutt’altro che scontata visto il fioccare di fallimenti, soprattutto marziani, di quegli anni).

Viking 1 diventò la prima sonda della storia ad atterrare e trasmettere su Marte.

Oltre alle numerose fotografie scattate con una risoluzione senza precedenti della superficie desolata del pianeta rosso, le Viking condussero quelle che fino a questo momento sono ancora le analisi più approfondite mai effettuate sul suolo marziano.

L’obiettivo delle sonde gemelle era semplice quanto ambizioso: confermare o meno la presenza di forme di vita, almeno a livello elementare, su Marte.

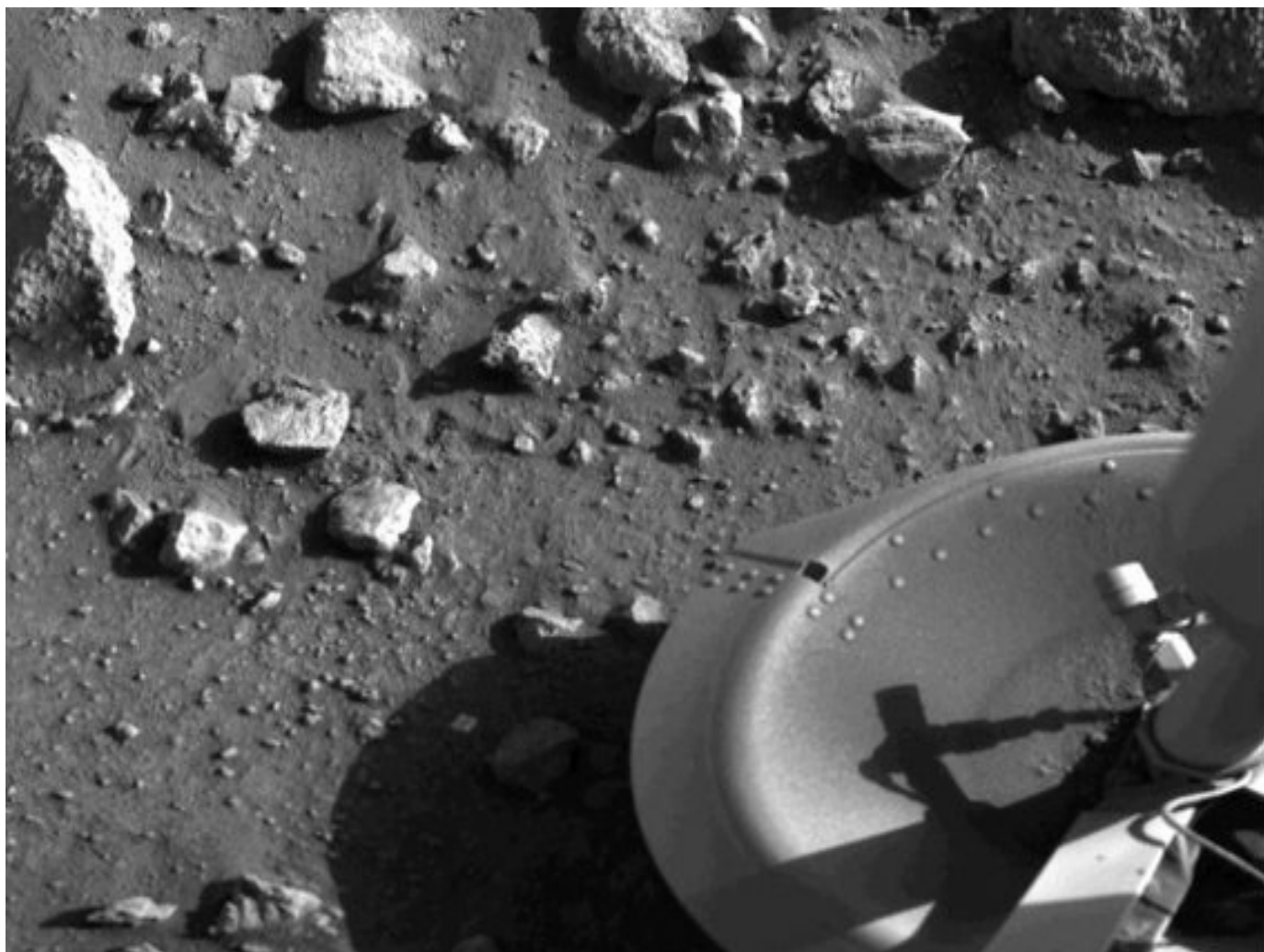
Per questo scopo erano equipaggiate di un braccio meccanico per raccogliere campioni di suolo, che sarebbero stati analizzati

dal piccolo laboratorio biologico di bordo.

Come abbiamo visto nelle pagine precedenti, a distanza di oltre 30 anni ancora si discute sui risultati di questi esperimenti, nell'attesa, probabilmente lunga, che altre sonde possano effettuare test ancora più sofisticati e precisi.

Le Viking (i lander) restarono attive per 6 (Viking 1) e 4 anni (Viking 2) inviando una mole di dati e immagini davvero impressionanti.

Ora riposano coperte da un sottile velo di polvere rossa come testimonianza del tempo passato.

Forse un giorno lontano degli astronauti provenienti dal pianeta Terra si avvicineranno ad ammirare delle importanti reliquie della storia dell'astronautica, risalenti a un periodo in cui l'uomo, sfidando ciclopiche difficoltà tecnologiche ed economiche, non rinunciò all'eterno sogno di viaggiare tra le stelle.

Questa è la prima immagine proveniente dalla superficie di Marte, ripresa dalla sonda Viking 1 appena atterrata. 20 luglio 1976.

Dopo uno stop negli anni 80, l'interesse per il pianeta rosso crebbe di nuovo tra l'opinione pubblica e gli scienziati proprio a seguito delle analisi dei dati delle due Viking. Fu così che negli anni 90 la NASA lanciò ben 6 sonde dirette verso Marte. Tra queste spicca la missione Mars Pathfinder, la prima che portò sulla superficie di un pianeta un piccolo rover radiocomandato, chiamato Sojourner, con la possibilità quindi di potersi muovere liberamente per compiere preziose analisi.

Potremmo pensare che sia divertente far muovere con un telecomando interplanetario un sofisticato e costoso modellino sulla superficie di un altro pianeta, ma l'impresa è tutt'altro che semplice. Prima di tutto non possiamo vedere direttamente dove

dirigere il rover. Non ci sono videocamere, ma semplicemente fotocamere che inviano a Terra, nella migliore delle ipotesi, un fotogramma al secondo.

Poi, come se non bastasse, si devono fare i conti con la velocità finita della luce.

Ogni segnale elettromagnetico si propaga nello spazio a circa 300.000 km/s, una velocità enorme per gli spazi ai quali siamo abituati. Ma alla distanza di Marte, un segnale radio impiega fino a 20 minuti per completare il tragitto di sola andata. Le conseguenze sono facili da immaginare: non solo è necessario guidare un modello radiocomandato senza avere la visuale completa del paesaggio, ma le immagini e i comandi impartiti non saranno mai istantanei.

In pratica, è come guidare un'automobile attraverso una macchina fotografica dovendo anticipare di circa 20 minuti ogni movimento e aspettarne altrettanti per conoscere l'esito. E vista la grande distanza di Marte, un errore di guida può venir pagato a caro prezzo, anche con la fine prematura della preziosa missione. Siamo ancora sicuri di invidiare gli scienziati che guidano i rover sulla superficie marziana? Personalmente no!

Il piccolo rover Sojourner fu il primo manufatto a muoversi sulla superficie di un altro corpo celeste, nel 1997. Qui lo vediamo al lavoro ripreso dalla capsula madre giunta su Marte con la missione Mars Pathfinder.

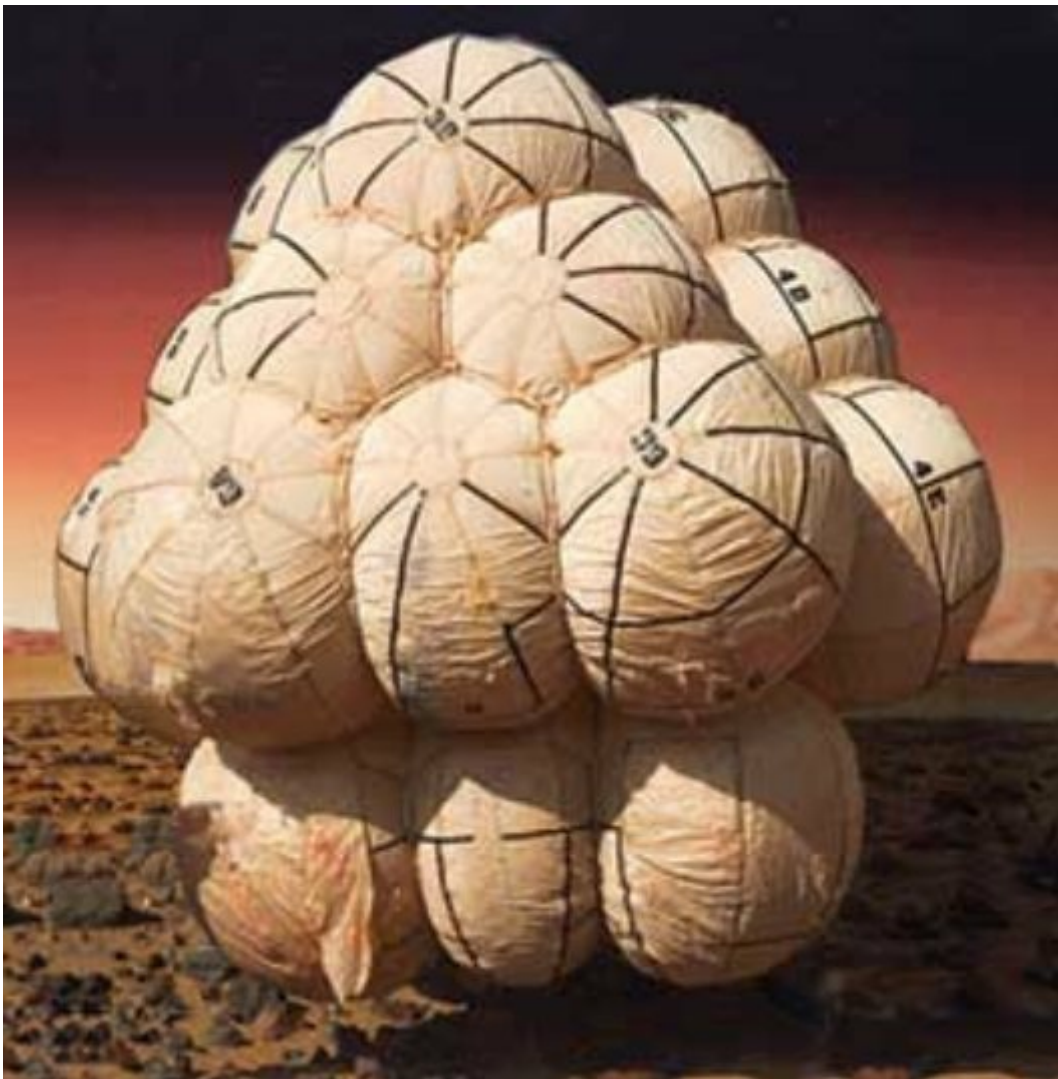
La missione Pathfinder rappresentò un successo anche per l'innovativo, sebbene poco ortodosso, metodo di atterraggio.

Invece di posarsi dolcemente sulla superficie di Marte, frenando con potenti razzi, la capsula contenente il rover è letteralmente precipitata sul pianeta.

A pochi chilometri di altezza alcuni paracadute hanno rallentato la discesa; poi si sono aperti una decina di air bag che hanno avvolto completamente la capsula.

Nell'impatto violento con la superficie marziana, la capsula ha compiuto numerosi rimbalzi (i primi alti diversi metri) prima di fermarsi completamente.

L'idea per risparmiare sui costi di missione ebbe successo, tanto che il piccolo rover non subì alcun danno. Questo economico sistema di atterraggio è stato quindi utilizzato anche per la seconda generazione di rover marziani: se non si pretende

precisione nella zona in cui si fermerà il grande ammasso di palloni, non esiste metodo migliore per far atterrare piccole capsule.

Il geniale e per certi versi estremo sistema di atterraggio della missione Mars Pathfinder: decine di palloni riempiti d'aria che dovevano attutire l'impatto con la superficie dopo una discesa incontrollata e senza motori nell'atmosfera del pianeta rosso. L'idea funzionò alla perfezione!

A bilanciare lo strepitoso successo di questa missione, arrivarono due fallimenti molto importanti.

Il 23 settembre 1999 Mars Climate Orbiter si schiantò sulla superficie a causa di una conversione errata tra unità di misura metriche e imperiali: anche a scienziati capaci di spedire una sonda su un altro pianeta capita di fare errori superficiali!

Il 3 dicembre 1999 anche Mars Polar Lander si schiantò sulla superficie marziana, a causa di un non meglio compreso errore hardware.

Il nuovo millennio iniziò fortunatamente nel migliore dei modi. Nel decennio 2000-2010 tutte le cinque sonde della NASA arrivarono a destinazione, operando ben oltre gli obiettivi iniziali.

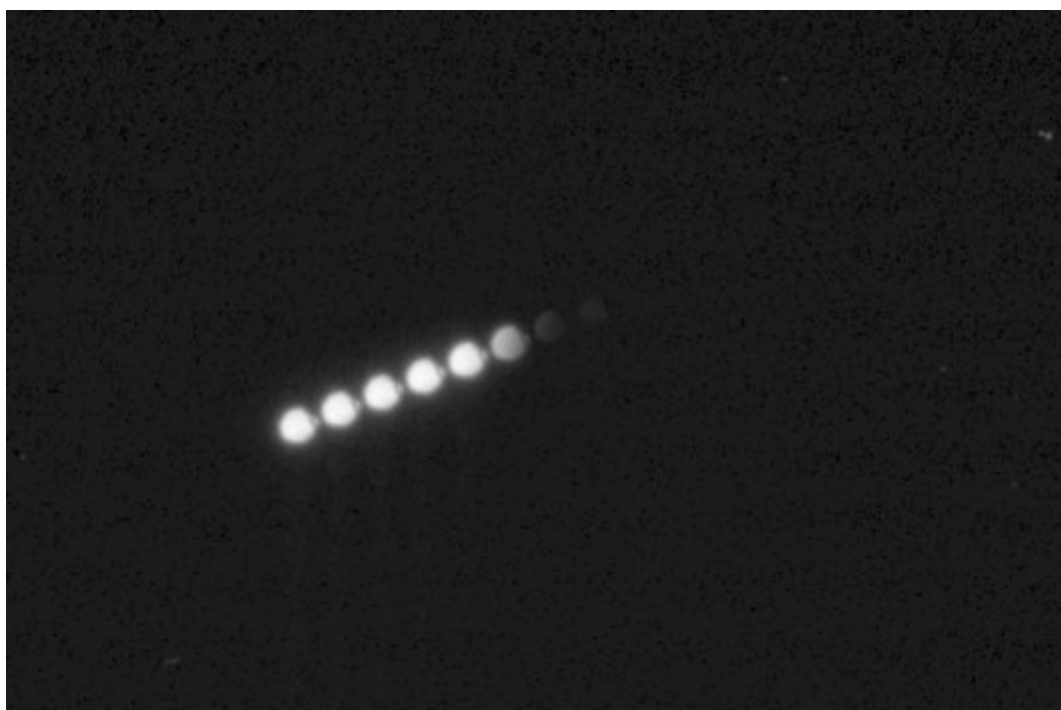
Spettacolare si è rivelata l'esperienza della seconda generazione di rover: Spirit e Opportunity, atterrati sul suolo marziano nel gennaio 2004 e programmati per una vita di appena 90 giorni, restarono attivi per diversi anni.

Spirit fu pienamente operativo fino al marzo 2010, mentre Opportunity è ancora funzionante (maggio 2015) e ha percorso diversi chilometri sulla superficie del pianeta rosso.

Le migliaia di immagini inviate rappresentano attualmente la migliore copertura di un altro corpo celeste, addirittura più accurata della superficie lunare. Complice anche un paesaggio davvero unico, alcune sono tra le più belle mai riprese nella storia dell'astronautica.

Poco conosciuto è il fatto che i due rover abbiano condotto altre osservazioni davvero straordinarie e momentaneamente uniche: hanno ripreso il cielo stellato e alcuni fenomeni astronomici dalla superficie di Marte.

Oltre allo spettacolo della Terra vista brillare nel cielo del crepuscolo, Spirit e Opportunity hanno ripreso le costellazioni più brillanti, i satelliti, le loro eclissi e persino delle meteore. Immaginiamoci per un attimo quale emozione si possa provare nell'osservare il cielo dalla superficie di un altro pianeta…

Una meteora solca il cielo marziano. Questa straordinaria ripresa è stata effettuata dalla sonda Spirit ed è la prima a mostrare un tale evento dalla superficie di un altro pianeta.

Il satellite Phobos viene eclissato dall'ombra di Marte, proprio come succede durante un'eclissi lunare sulla Terra. Sequenza di 8 immagini riprese da Spirit.

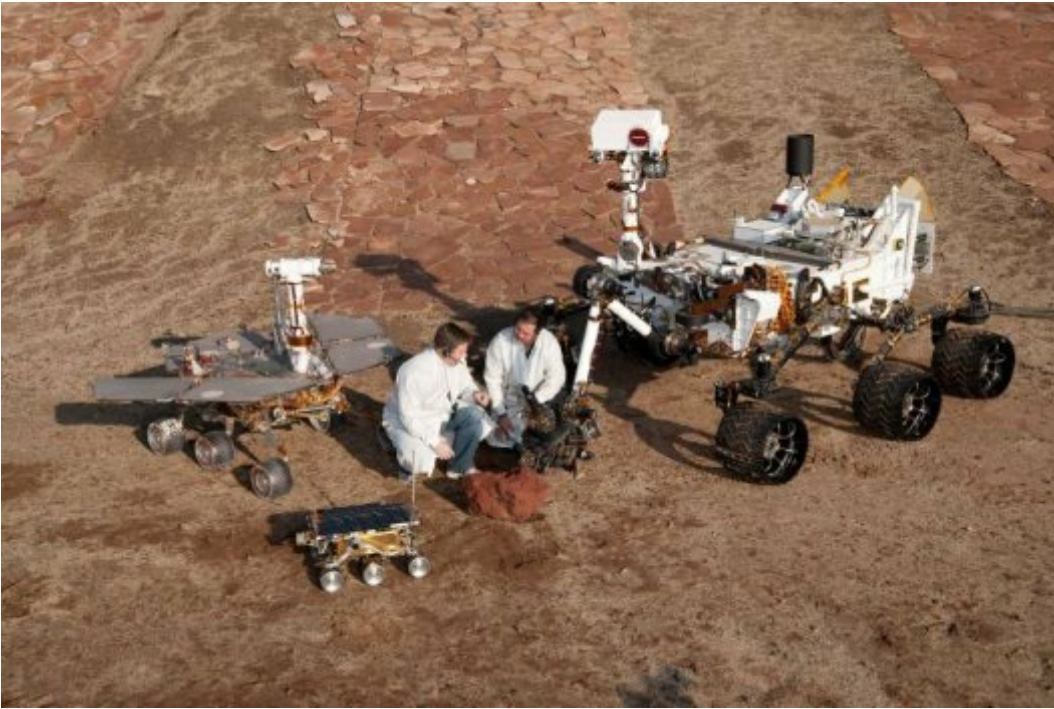
I satelliti di Marte nel cielo prima dell'alba ripresi da Spirit. Il più luminoso al centro è Phobos, mentre a sinistra, debole, si può osservare Deimos.

Il nuovo millennio ha salutato l'ingresso dell'agenzia spaziale europea nella grande avventura marziana, con la sonda Mars Express arrivata in orbita il giorno di Natale del 2003 e ancora operativa. Non si può dire sia andata altrettanto bene al piccolo lander che trasportava: Beagle 2, dell'agenzia spaziale inglese, si è schiantato sulla superficie.

A quanto sembra, atterrare dolcemente su un corpo celeste distante decine di milioni di chilometri non è poi così semplice, ma d'altra parte credo che nessuno lo abbia mai pensato!

Il nuovo decennio ha visto la nascita della missione americana Mars Science Laboratory con a bordo il rover Curiosity, partito il 26 novembre 2011 e arrivato con uno spettacolare atterraggio sulla superficie la mattina del 6 agosto 2012.

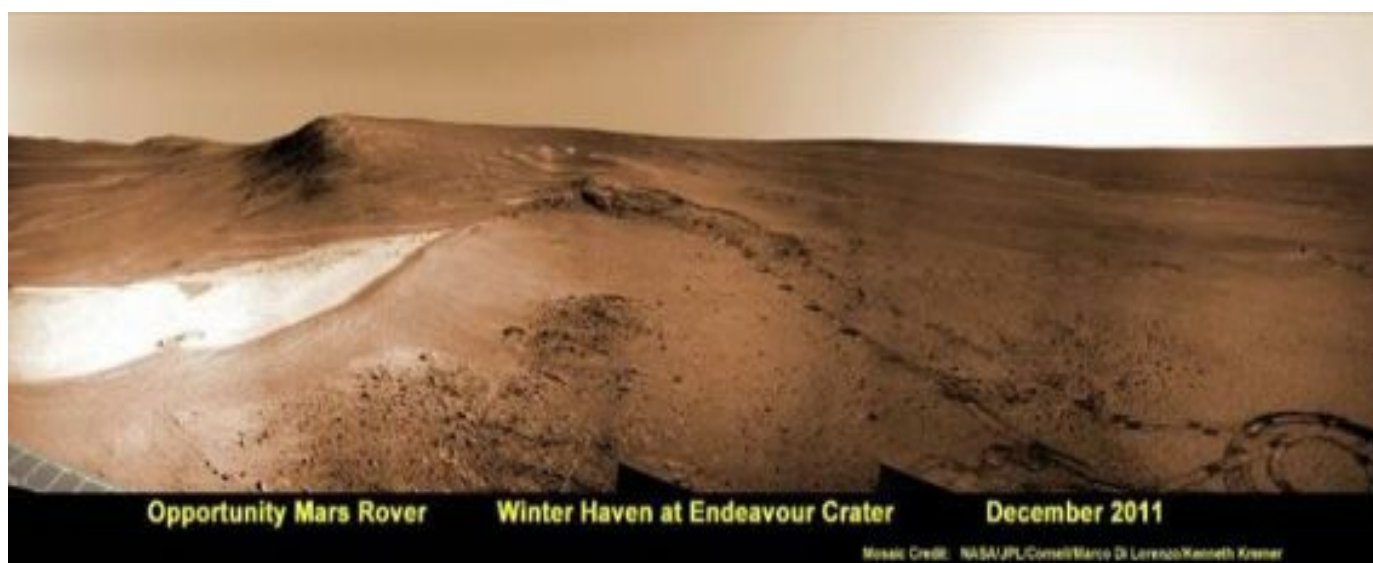
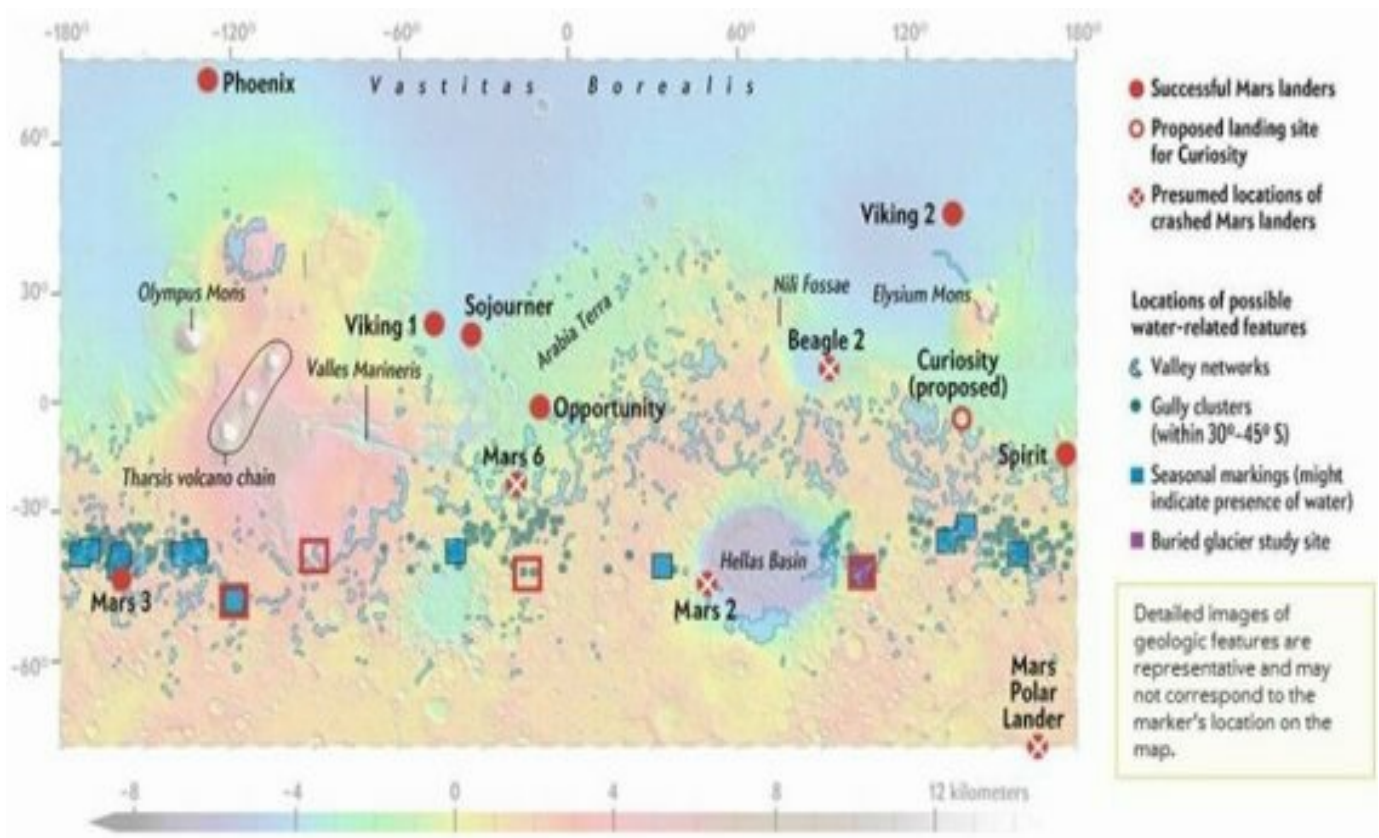
Curiosity è il rover più grande e complesso mai lanciato nello

spazio, dotato di un’alimentazione nucleare in grado di garantire maggiore autonomia di lavoro rispetto ai precedenti.

Tre generazioni di rover marziani a confronto. In primo piano il piccolo Sojourner. A sinistra la copia di Spirit e opportunity, a destra Curiosity.

Gli anni a venire dovrebbero vedere l’ingresso nella corsa marziana di Cina, India, e il passaggio di testimoni tra la NASA e l’ESA, in collaborazione con l’agenzia spaziale russa quali leader dell’esplorazione di Marte.

Purtroppo la NASA, stando alle notizie più recenti, sembra aver abbandonato il sogno marziano. I tagli al budget hanno cancellato tre delle 4 missioni previste fino al 2020; di fatto gli americani usciranno presto dall’esplorazione marziana, proprio come avvenuto con il pensionamento del programma Space Shuttle e l’abbandono dell’esplorazione umana.

Probabilmente questo è un ulteriore indizio della fine della supremazia americana nell’esplorazione spaziale e un duro colpo per tutti coloro che sognavano di vedere in un prossimo futuro l’uomo camminare sulla polverosa superficie marziana.

La tecnologia per una sfida di tali proporzioni esiste già da anni, il piano pronto sin dalla fine degli sbarchi sulla Luna; il problema, piuttosto, è trovare un governo con le giuste motivazioni politico-economiche disposto a finanziare un programma che probabilmente avrà costi superiori a quello Apollo di oltre 40 anni fa. Purtroppo, mentre gli scienziati hanno la possibilità di sognare perché di questo possono vivere, i politici si nutrono di potere e denaro, "valori" che raramente vanno d'accordo con i grandi sogni.

Una delle ultime immagini marziane riprese dal rover Opportunity per festeggiare l'arrivo al cratere Endeavour dove troverà riposo in attesa della fine dell'inverso marziano e l'inizio dell'ottavo anno (terrestre) sul pianeta. E pensare che la sua missione doveva durare solamente 90 giorni!

Luoghi di atterraggio delle sonde giunte sulla superficie di Marte e punti di probabile presenza di acqua liquida.

Rappresentazione artistica dell'incredibile atterraggio del rover Curiosity. Sceso nell'atmosfera marziana all'interno di una capsula simile a un disco volante, a pochi metri dalla superficie è stato calato da una gru sospesa a mezz'aria nella tenue atmosfera marziana. Sette minuti tra l'ingresso in atmosfera e l'atterraggio, controllati interamente dai computer di bordo.

Una delle prime immagini a colori trasmesse da Curiosity. In lontananza, a circa 12 km di distanza, la parete del grande cratere Gale, nel quale si è depositato il rover. La rarefatta aria di una tipica giornata marziana è trasparente circa come le nostre secche giornate invernali.

Attualità

In questa sezione finale vengono proposte notizie e riflessioni sui temi più attuali, spaziando dall'esplorazione di Marte alle galassie più lontane dell'Universo. A decidere gli argomenti è l'enorme progresso scientifico cui va incontro una disciplina attiva come l'astronomia. Scoperte piccole e grandi si susseguono a ritmi frenetici, sebbene gli astronomi in tutto il mondo rappresentino una piccola comunità che a mala pena raggiunge le 20 mila unità. Ma mai come in questo caso la determinazione può superare tutte le difficoltà della disciplina più impegnativa che esista.

Vita elementare nel Sistema Solare –Parte 1–

In questi ultimi mesi il tema della vita extraterrestre, intelligente ma soprattutto elementare, ha alimentato crescenti discussioni nella comunità astronomica mondiale.

Il modo migliore per cercare eventuali forme di vita, elementari o complesse, e anche il più semplice, è sicuramente sbirciare da vicino i nostri compagni di viaggio in questo peregrinare attorno al Sole.

La vicinanza dei pianeti del Sistema Solare rende possibile qualcosa che in astronomia è al momento (ma forse per sempre) del tutto fuori dalla nostra portata: avvicinarci ai corpi celesti, poterci addirittura atterrare e condurre osservazioni ed esperimenti sul luogo.

Non è un vantaggio da poco, soprattutto se si pensa che per molti anni questi sono e saranno gli unici corpi planetari che riusciremo a vedere da vicino.

Potrebbe non sembrare interessante e riduttivo volgere lo sguardo con tanta attenzione verso piccoli pianeti a noi vicini, trascurando tutto l'ambiente galattico lì fuori, ma a livello scientifico è un percorso obbligato e molto vantaggioso.

È del tutto naturale affrontare, magari un po' svogliati, questo argomento aspettando il clou che verrà quando finalmente usciremo dal piccolo guscio generato dal campo magnetico del Sole; è lo stesso principio che ci fa apprezzare luoghi e situazioni molto distanti dalla nostra realtà che poi, magari aiutati da un amico, ci rendiamo conto di non conoscere a sufficienza nemmeno per un breve tour guidato.

Una conoscenza approfondita dei luoghi più nascosti di satelliti e pianeti potrebbe anzi rivelarci interessanti sorprese, alcune poco conosciute ma ottime per farci gridare con certezza, magari tra qualche anno, di non essere soli nell'Universo.

Prima di andare avanti, meglio restare con i piedi ben piantati a terra e confermare quanto accennato prima: nessun pianeta del Sistema Solare ospita forme di vita intelligenti, a esclusione, naturalmente, della Terra. Potremmo sperare di trovare solo forme di vita primitive come batteri o, se siamo davvero fortunati, leggermente evolute come alcune piccole piante acquatiche e, chissà, anche semplici crostacei.

Potrebbe non essere eccitante come le trasmissioni che parlano di alieni super intelligenti che svolazzano sui nostri letti e sui campi isolati per creare perfetti cerchi, ma sarebbe già un gran passo in avanti per le nostre conoscenze della realtà.

Se ci riferiamo ai principi e agli ingredienti necessari per massimizzare le probabilità di trovare forme di vita, almeno elementari, descritte nel capitolo precedente, allora appare evidente che la lunga lista dei possibili candidati debba essere sfoltita, e anche di molto.

Mantenendo una certa elasticità sulle temperature, soprattutto quelle più basse, e presto ne vedremo il motivo, per avere una possibilità di trovare forme i silenziosi alieni batterici ci servono sicuramente corpi celesti rocciosi, meglio se dotati di un involucro atmosferico non troppo sottile.

Semplici considerazioni che ci fanno escludere istantaneamente Mercurio, la Luna, per ora Venere, tutti i pianeti gassosi, gli asteroidi e gli oggetti della fascia di Kuiper.

Quello che resta in effetti non è molto incoraggiante. Tra i

pianeti l’unico superstite è Marte, neanche a farlo apposta.

Fortunatamente ci sono delle new entry tra la folta schiera di satelliti naturali che potrebbero rivelare sorprese inaspettate. Il primo è Titano, il maggiore dei satelliti di Saturno, ma con un po’ di flessibilità in più possiamo tirare dentro anche altre lune, sebbene non soddisfino in pieno il criterio atmosferico: Encelado, altro satellite di Saturno, ed Europa, luna di Giove.

Data la relativa facilità con cui si può studiare in dettaglio questi corpi celesti, salvo sorprese improbabili sarà proprio nel nostro Sistema Solare che presto troveremo la prova schiacciante (sperando che ci sia!) di non essere soli nell’Universo. Se non dovessimo trovare tracce di vita, avremo comunque guadagnato in conoscenza e compreso quali sono le condizioni e le caratteristiche per lo sviluppo dei processi biologici.

C'è vita ora su Marte?

Una domanda da un milione di dollari, anzi, da qualche miliardo: questo è il costo di una complessa missione sul suolo del pianeta rosso in grado di rispondere senza più dubbi.

Prima di analizzare dati e risultati di alcuni esperimenti, meglio precisare (ancora) che tipo di vita si cerca.

È infatti esclusa la presenza di qualsiasi forma di civiltà intelligente, sia passata che tanto meno presente.

Quello di cui si discute seriamente tra la comunità scientifica è la presenza di vita a livello elementare, come batteri, alghe e in generale semplici organismi unicellulari.

Per comprendere meglio il quadro, partiamo da quello che osserviamo qui sulla Terra. Gli esperimenti e le scoperte susseguitesi negli ultimi decenni hanno dimostrato che anche alcuni organismi terrestri possono resistere e riprodursi sulla superficie di Marte.

Se il pianeta un tempo aveva le condizioni adatte per la nascita della vita, è possibile che qualche organismo di quei primordiali abitanti sia sopravvissuto agli enormi sconvolgimenti climatici succedutisi in miliardi di anni?

In altre parole: l'ambiente marziano attuale è sufficientemente proibitivo da aver sterminato tutta la vita che probabilmente popolava il pianeta?

Ufficialmente non lo sappiamo ancora, perché non abbiamo mai potuto provare la resistenza delle forme biologiche a sconvolgenti cambiamenti climatici, e perché non abbiamo la più pallida idea delle proprietà delle eventuali forme di vita dell'antico Marte.

Dalle esperienze terrestri, conosciamo però alcune forme di

vita che non necessitano né di ossigeno, né di acqua e neanche di luce e possono addirittura sopravvivere alle rigide condizioni dello spazio aperto.

Tutte queste scoperte sorprendenti hanno fatto cambiare prospettiva agli scienziati: la vita ha tutte le carte in regola per poter essere qualcosa di più comune di quanto si potesse immaginare.

In questa nuova visione, le condizioni di Marte non appaiono poi così diverse rispetto a luoghi terrestri come l'Antartide, o alcune zone nel bel mezzo dei deserti più aridi del globo. Se la vita è possibile in questi posti sul nostro pianeta, perché non può resistere anche su Marte?

Il ragionamento non sembra essere errato dal punto di vista logico, ma la scienza ha bisogno di prove.

Ed è in questo caso che le cose si complicano terribilmente.

In linea di principio basterebbe raccogliere un campione di suolo marziano in una zona con le condizioni più favorevoli alla vita, da analizzare con un microscopio elettronico per scoprire se è popolato da batteri che si muovono e si riproducono.

Il problema, però, è che nessuno ha potuto raggiungere il pianeta rosso per raccogliere e riportare in un laboratorio biologico terrestre un campione di suolo, e nessuna missione automatica è mai riuscita a inviare verso la Terra una capsula contenente la preziosa polvere marziana.

Gli unici esperimenti sul suolo marziano sono stati effettuati sul luogo dalle sonde americane Viking negli anni 70.

Considerando però che l'equipaggiamento di un laboratorio biologico, soprattutto il microscopio elettronico, è impossibile da trasportare su una piccola sonda interplanetaria, i risultati di questi esperimenti sono ancora, a distanza di decenni, oggetto di

aspre discussioni tra gli scienziati.

Gli esperimenti delle sonde Viking

Le sonde gemelle Viking, lanciate nell'agosto e nel settembre 1975 arrivarono su Marte nella prima metà del 1976 con un unico obiettivo: confermare o meno la presenza di vita microbica nel suolo del pianeta rosso.

A bordo disponevano di un laboratorio biologico che ospitava quattro esperimenti di diversa natura per cercare di rilevare tracce di vita.

La complessità delle missioni era il risultato di oltre venti anni di studi e programmazioni e rappresentava al tempo l'obiettivo più rischioso e ambizioso del genere umano, forse più dello sbarco sulla Luna dei primi esseri umani.

Questi erano gli esperimenti a bordo, poi tra breve vedremo i risultati e le sorprese:

1) Gascromatografo (GCMS): uno spettrografo di massa in grado di separare e analizzare i composti del suolo marziano attraverso il suo riscaldamento;
2) Scambio di gas (GEX): un apparato che avrebbe dovuto analizzare dei campioni di suolo sottoposti per qualche giorno a un'atmosfera di elio, il gas inerte per eccellenza. Se erano presenti forme biologiche, dopo qualche giorno avrebbero prodotto dei gas di scarto e "inquinato" l'atmosfera;
3) Rilascio della marcatura (Labeled Release, LR) era il più interessante, complesso e importante, il cuore di tutto l'apparato delle sonde Viking.

   Campioni di suolo venivano raccolti a pochi centimetri sotto la superficie e sotto alcune rocce e separati in due piccole vaschette. In una erano riscaldati a

160°C, nell'altra no. Entrambi venivano poi innaffiati con una sostanza nutritiva a base di acqua e molecole organiche, del tutto simile alla composizione presunta del brodo primordiale dalla quale l'esperimento di Miller ha dimostrato la nascita della vita. Al posto del normale carbonio però, fu utilizzato l'isotopo radioattivo carbonio 14 che avrebbe svolto l'importante funzione di marcatore. Se eventuali attività biologiche si nutrivano da questa soluzione, avrebbero poi rilasciato molecole organiche di scarto (come il metano) contenenti proprio il carbonio 14, la cui rilevazione avrebbe quindi costituito la prova madre che qualcosa a livello biologico era successo;

4) Rilascio pirolitico (Pl), un paio di strane parole per identificare un esperimento che si basava su un concetto in qualche modo contrario al precedente e serviva per mettere in luce eventuali microrganismi fotosintetici. Il suolo marziano veniva immesso in un ambiente che simulava l'atmosfera del pianeta, ma al posto del carbonio semplice venne utilizzato il carbonio 14 (ad esempio per l'anidride carbonica, che costituisce oltre il 90% dell'atmosfera). In questo modo gli eventuali processi fotosintetici avrebbero trasferito il carbonio 14 dall'aria al terreno. Dopo alcuni giorni l'aria veniva tolta, il suolo riscaldato a 650°C e le emissioni analizzate.

Esperimenti interessanti, ma a noi interessano i risultati!

Dunque, quali furono gli esiti?

Senza troppi giri di parole, il più importante, quello del rilascio della marcatura, diede esito positivo, mentre gli altri, utilizzati come controllo, esito negativo.

Monitorando l'atmosfera dei campioni nell'esperimento LR

ogni 16 minuti per diversi giorni, gli apparati delle sonde Viking rilevarono una continua produzione di carbonio 14, segno che qualche processo lo aveva liberato nell'atmosfera.

Ed è qui che il mistero si infittisce ancora di più. I campioni riscaldati non mostrarono alcuna risposta e anche gli altri esperimenti diedero sempre esito negativo. Inoltre, cosa non da poco, lo spettrografo di massa rilevò un'inspiegabile carenza di carbonio e composti organici nel suolo marziano, minore addirittura di quella presente sul desolato suolo lunare.

Era l'inizio di un mistero che sarebbe durato più di trent'anni.

Il braccio robotico delle sonde Viking prelevò campioni di suolo esposti al Sole e sotto una roccia per capire se contenevano forme di vita elementari. I risultati potrebbero essere sbalorditivi.

La risposta positiva dell'esperimento LR era da attribuire a forme biologiche, oppure si doveva dar retta ai controlli negativi e all'anomalia nella composizione chimica del suolo marziano, incolpando un falso positivo dovuto a qualche semplice reazione chimica non biologica?

A quel tempo le conoscenze dei processi biologici elementari terrestri non erano molto avanzate e quasi tutti liquidarono gli esperimenti come inconcludenti (nella migliore delle ipotesi) o negativi. Su Marte, quindi, sembrava non esserci vita, almeno non come la si conosceva a quel tempo.

La positività dell'esperimento LR venne spiegata attraverso delle semplici reazioni chimiche tra i costituenti del suolo marziano.

Nei successivi venti anni l'ideatore dell'esperimento, l'ingegnere Gilbert Levin e una sua collaboratrice, Patricia Ann Straat, non si diedero per vinti e cercarono di approfondire lo studio dei dati e riprodurre sulla Terra i risultati delle Viking.

Si scoprì che nell'esperimento LR il rilascio di carbonio 14 nell'atmosfera avveniva con un andamento periodico di 24,66 ore, sorprendentemente vicino alla durata del giorno marziano. Questo fenomeno, che in biologia è chiamato periodo cicardiano, può essere un forte marcatore di un'attività biologica regolata sui periodi di giorno e notte del luogo in cui vive.

Com'è possibile, però, che gli altri controlli diedero esito negativo?

Nel 2003 la scoperta di perossido di idrogeno nell'atmosfera sembrava confermare che la strana risposta dell'esperimento LR potesse essere prodotta proprio dalla reazione di questo gas (meglio conosciuto come acqua ossigenata), i cui legami si sarebbero rotti sopra i 100°C, giustificando l'esperienza negativa con il campione riscaldato.

Nel 2008 la sonda Phoenix ha invece sparpagliato le carte e chiarito un paio di punti molto delicati.

Nel suolo marziano ha rilevato una grande quantità di composti chiamati ioni perclorati, dei complessi che a

temperature superiori ai 100°C reagiscono con le molecole organiche formando altri composti chiamati clorometano e diclorometano. Il caso volle che questi erano presenti anche nei prodotti utilizzati per pulire la strumentazione delle Viking a Terra prima della partenza, così che la loro rilevazione negli esperimenti venne attribuita a residui terrestri.

In realtà non era così: i composti rilevati erano il risultato dell'interazione e trasformazione delle molecole organiche con gli ioni perclorati. Questo spiegava quindi perché il suolo marziano fosse risultato povero di molecole organiche: lo spettrometro di massa lo riscaldava e distruggeva le prove che voleva misurare. E come se non bastasse, la sua sensibilità effettiva era piuttosto modesta: avrebbe potuto rilevare dei batteri marziani solamente se la loro concentrazione fosse stata superiore a 10 milioni ogni grammo di suolo, una soglia troppo alta anche per molti ambienti terrestri.

Con la scoperta dei perclorati si spiega anche perché i campioni riscaldati dell'esperimento LR non mostravano alcuna produzione di carbonio 14: eventuali microrganismi erano stati distrutti.

L'esito negativo dell'esperimento sul rilascio pirolitico non era mai stato un problema perché indicava semplicemente la probabile assenza di grandi colonie di microrganismi fotosintetici.

Con un lavoro iniziato nel 2005 e terminato nel 2012, Levin e un gruppo di ricerca internazionale, tra cui il biologo italiano Giorgio Bianciardi dell'università di Siena, hanno continuato gli esperimenti sul suolo terrestre e sviluppato dei modelli matematici in grado di spiegare le risposte delle Viking.

I risultati sono stati sbalorditivi: le esperienze in laboratorio

con particolari campioni di suolo terrestre contenenti microrganismi hanno riprodotto fedelmente i dati di tutti gli esperimenti. Le analisi attraverso i modelli matematici hanno inoltre confermato la presenza di un periodo cicardiano nel rilascio di carbonio 14 dei campioni marziani e un'impronta biologica marcata.

La conclusione, estremamente probabile e forse più semplice del previsto, è stata scontata: su Marte c'è (probabilmente) vita, le sonde Viking l'avevano rilevata già nel 1976.

Sfortunatamente tutte le sonde delle successive generazioni inviate sul suolo marziano non hanno più avuto gli apparati necessari per approfondire la questione, e non si spiega neanche il motivo per cui alla NASA non abbiano mai inserito un piccolo microscopio. I biologi si sarebbero accontentati anche di uno strumento non troppo potente, poco più che un giocattolo, che sarebbe sicuramente stato molto utile per vedere direttamente questi presunti batteri e scoprire le loro proprietà, perché se somigliassero ai nostri terrestri, allora ci sarebbero da fare molte altre domande, che noi ci poniamo lo stesso.

E se fossimo stati noi?

Giusto perché godiamo nel complicarci la vita, possiamo analizzare anche un altro scenario che prevede l'esistenza di microrganismi nel suolo di Marte, che per certi versi potrebbe sembrare come minimo inquietante, ma perfettamente nelle corde della nostra civiltà.

La domanda è semplice, ma vale la pena ripeterla prima di spiegarla meglio: e se fossimo stati noi?

Se la rilevazione di microrganismi da parte del laboratorio delle sonde Viking abbia dato esito positivo perché quei minuscoli batteri erano già a bordo della sonda stessa, magari nascosti anche nel braccio robotico che ha prelevato il campione?

Questa che sembra più una fantasiosa ipotesi è invece al momento una delle teorie più gettonate: una contaminazione planetaria da parte dell'uomo, che inavvertitamente ha introdotto organismi terrestri in un pianeta che era completamente sterile. Sarebbe di certo il primo caso della storia in cui la stupidità (perché di questo si tratta) di noi esseri terrestri abbia varcato i confini del pianeta e messo a repentaglio un ambiente che per miliardi di anni ha vissuto la sua storia in modo totalmente indipendente.

Considerazioni "filosofiche" a parte, è possibile dal punto di vista prettamente fisico un'eventualità del genere? E, ammesso che fosse successo davvero, batteri terrestri possono sopravvivere al clima marziano e contaminare l'intero pianeta?

La risposta alla prima domanda è purtroppo positiva.

Benché tutte le sonde dirette sulla superficie del pianeta rosso siano state sterilizzate per ridurre al minimo i microscopici batteri, è certo che questi non siano stati eliminati del tutto. E

d'altra parte appare molto più improbabile il contrario, considerando che la vita qui è presente ovunque: come sarebbe possibile eliminare qualsiasi traccia biologica in un manufatto pesante più di una tonnellata, grande come una macchina e contenente chilometri di cavi, decine di cavità nascoste e materiali porosi che possono ospitare benissimo minuscole colture di batteri?

Non è né pensabile, né possibile.

Però si potrebbe immaginare quello che un po' tutti gli scienziati hanno fatto: un viaggio nello spazio aperto della durata di diversi mesi è la garanzia più forte che quell'astronave giungerà completamente sterilizzata sulla superficie marziana.

Le cose, però, non stanno proprio in questo modo. Il problema è che ce ne siamo accorti decenni dopo l'invio delle sonde verso Marte.

Numerosi esperimenti condotti a bordo delle stazioni spaziali sembrano confermare quello che sembrava un assurdo logico. Il più spettacolare fu eseguito tra il 2009 e il 2010 e diede risultati impressionanti: alcuni microbi della birra(!) sono sopravvissuti per oltre 500 giorni allo spazio aperto, in assenza di gravità e pressione, con enormi sbalzi di temperature (da +120°C a -100°C), senza una goccia d'acqua. Come hanno fatto ancora non lo sappiamo, ma resta il fatto che ci siano riusciti.

Ci sono altri batteri che nello stato di spore possono sopravvivere per anni (forse milioni!) alle rigide condizioni dello spazio aperto, senza aver bisogno di ossigeno, acqua e lo schermo offerto dall'atmosfera terrestre.

La vita, insomma, almeno quella elementare, è molto più coriacea di quanto non sembri.

Nascosti negli anfratti di qualche cavità, magari al riparo

dalla luce diretta del Sole, microrganismi semplici possono aver superato senza particolari avversità la traversata Terra-Marte e aver contaminato quindi il suolo del pianeta rosso.

Il trasporto di materiale organico o addirittura vivente è qualcosa di inevitabile anche ai giorni nostri. Curiosity, ad esempio, ha rilevato nel suolo marziano tracce di molecole organiche ma bisogna ancora capire se siano composti provenienti dal suolo o dal rover stesso.

Prima di gridare alla contaminazione però, almeno dal punto di vista dei microrganismi (le molecole organiche non sono vita e sono sparse un po' ovunque nel Cosmo), abbiamo un altro controllo di sicurezza che potrebbe farci dormire sonni tranquilli: è possibile che dei batteri terrestri sul suolo marziano riescano pure a riprodursi? Non è più probabile che le condizioni avverse impediscano il proliferare di una specie aliena che si è evoluta su un pianeta molto diverso?

La risposta è sorprendente: ci sono batteri terrestri che possono sopravvivere e riprodursi anche nell'ostile ambiente marziano.

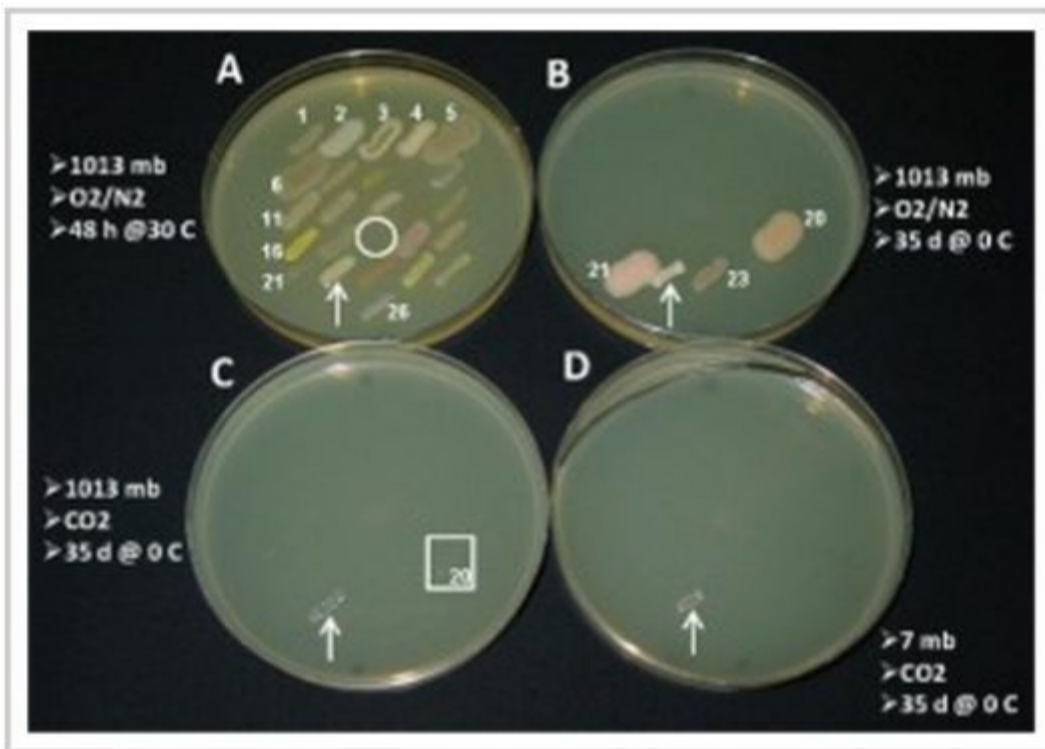
Queste vicende fanno capire ancora una volta quanto poco conosciamo delle attività biologiche presenti sul nostro pianeta: siamo dei bambini piccoli che non possono fare a meno di guardare troppo oltre le proprie possibilità, ignorandone le conseguenze possibili.

Alcune colonie di batteri raccolte dai ghiacci siberiani nel sottosuolo (permafrost), appartenenti alla stessa famiglia dei microrganismi presenti nella carne surgelata, possono effettivamente prosperare alle temperature e pressioni marziane.

Sul finire del 2012 un altro gruppo di studio dell'università della Florida ha fatto una scoperta estremamente importante.

Isolando microrganismi che si trovano comunemente anche sonde dirette verso Marte, li hanno sottoposti alle condizioni del pianeta rosso. I batteri denominati Serratia Liquefaciens sono sopravvissuti e si sono riprodotti a una temperatura di zero gradi e una pressione di soli 7 millibar. Il problema è che questo batterio vive tranquillamente qui sulla Terra a livello del mare e a temperature miti; si può trovare sulla pelle umana, nei capelli, persino nei polmoni e nel pesce: insomma, un insospettabile inquilino del nostro corpo.

Ma anche i batteri scoperti nella stratosfera terrestre nel 2009, denominati Janibacter hoylei, vivono a pressioni, temperature e condizioni di radiazione solare simili alla superficie di Marte e hanno imparato a "volare" trasportati dai venti. E nulla ci dice che questo sia possibile solamente qui.

Se simili batteri fossero stati trasportati sin dalle prime sonde e avessero trovato dei posti migliori al riparo dalle tempeste solari (sotto una roccia ad esempio, o pochi centimetri nel sottosuolo), allora potrebbero aver avuto qualche possibilità di prosperare.

Test per la resistenza di alcuni microbi terrestri presenti anche nelle sonde automatiche inviate su Marte a diverse condizioni. Il Serratia Liquefaciens è sopravvissuto alle temperature e alle pressioni marziane, contrariamente a quanto si pensava. Questo è un batterio molto comune sulla Terra e popola persino i nostri corpi. Potrebbe essere stato trasportato dalle sonde dirette su Marte e aver contaminato il pianeta?

Le missioni giunte sulla superficie polverosa del pianeta rosso sono diverse, sebbene molte, soprattutto sovietiche, si siano schiantate disintegrandosi. Trasportati dai venti, questi batteri potrebbero in linea del tutto teorica (ma perfettamente plausibile) aver colonizzato Marte, contaminandolo con materiale proveniente dalla Terra.

Si è effettivamente verificato uno scenario del genere?

È plausibile e probabile, ma ancora non sappiamo se è effettivamente avvenuto e in quale misura. Con le recenti scoperte abbiamo delle sensazioni che ci suggeriscono che la vita elementare ha una gran voglia di prosperare ed è abituata a farlo in qualsiasi tipo di ambiente. Se c'è una possibilità, anche minima, è certo che ci riesca.

Che batteri di questo tipo siano stati portati sul pianeta rosso non dovrebbero esserci dubbi. Questa che può sembrare una cosa estremamente stupida, in realtà nasconde solamente la nostra grande ignoranza in tema di processi biologici. In effetti ancora non conosciamo a sufficienza nemmeno tutte le specie batteriche presenti in natura, figuriamoci se abbiamo un'idea precisa su quali siano le condizioni necessarie affinché possano proliferare su mondi alieni.

Questa branca della scienza è relativamente giovane, sicuramente più delle missioni spaziali verso Marte e solamente ora, con molte difficoltà, riesce a farci prendere coscienza della leggerezza che è stata commessa inviando materiale contaminato su un pianeta che stava vivendo la sua personalissima storia.

Probabilmente abbiamo cambiato involontariamente l'evoluzione di Marte, o forse solo accelerata.

C'è però anche un altro scenario possibile che potrebbe alleggerire non poco la nostra coscienza, perché le nostre astronavi non sono stati i primi manufatti contaminati da batteri giunti sul pianeta rosso.

E se fosse stato Marte?

Lo scambio di informazioni tra Marte e la Terra potrebbe essere molto più antico, duraturo e invadente di quanto prodotto dalle nostre sonde automatiche.

Per comprendere come due pianeti distanti 56 milioni di chilometri possano scambiarsi informazioni senza la presenza di esseri intelligenti, dobbiamo guardare in casa nostra.

Tra le migliaia di meteoriti ritrovate sulla superficie della Terra, sono oltre 100 quelle che hanno un'impronta unica e diversa rispetto agli asteroidi della fascia principale.

La composizione chimica di queste rocce è uguale a quella della superficie di Marte, e la composizione dell'aria intrappolata è identica a quella atmosferica. Si tratta di meteoriti che un tempo costituivano rocce del pianeta rosso.

Com'è possibile tutto questo?

Con una dinamica che potrebbe sembrare rocambolesca, ma che invece è stata più frequente di quanto ci si aspetti.

Quando un meteorite di grandi dimensioni (uno o più chilometri) colpisce Marte, fa schizzare a grande velocità pezzi della superficie del pianeta, rocce di diverse dimensioni che potrebbero avere una velocità sufficiente per uscire dall'atmosfera e dal campo gravitazionale. Questi diventano meteoriti a tutti gli effetti, solamente che non sono più gli antichi massi generatisi al tempo della formazione del Sistema Solare, ma prodotti di una superficie planetaria modificati da una storia molto diversa. Data la vicinanza tra Marte e la Terra, alcuni di questi meteoriti "secondari" sono precipitati sul nostro pianeta. A oggi queste sono le uniche rocce marziane che possediamo e che quindi è possibile analizzare in modo approfondito.

Tra poco vedremo quali sono le caratteristiche e le sorprese che sono state scoperte in questi massi, perché è intuitivo che se su Marte un tempo c'era la vita, questa possa essere contenuta, almeno sottoforma di fossili, nei meteoriti marziani.

Non è questo però quello che ci interessa al momento.

Soffermiamoci per un attimo sulla dinamica della carambola cosmica e proviamo a fare un gioco logico che prevede di cambiare punto di vista, magari rovesciando la situazione.

Se Marte ci ha inviato meteoriti, è possibile che anche la Terra abbia fatto lo stesso? Cosa impedisce a un grande asteroide che colpisce il nostro pianeta di far schizzare nello spazio pezzi di rocce terrestri che poi, dopo migliaia o milioni di anni di pellegrinaggio nello spazio, precipitano su Marte?

La risposta è ovvia: niente.

Se conosciamo meteoriti provenienti da Marte, è indubbio che su Marte, da qualche parte, esistano altrettanti meteoriti provenienti dalla Terra, risalenti un po' a tutte le ere geologiche: dal grande bombardamento subito 3,5 - 4 miliardi di anni fa ai più recenti, magari anche a seguito di quello che ha estinto i dinosauri (l'ultimo impatto devastante conosciuto).

Se la vita elementare sulla Terra esiste da almeno 3,8 miliardi di anni, questo implica senza ombra di dubbio che i meteoriti terrestri su Marte abbiano per forza di cose trasportato forme di vita: è una certezza.

Ci sarebbe naturalmente da discutere in merito alla sopravvivenza di organismi biologici in queste condizioni, soprattutto per quanto riguarda le violente fasi della creazione del meteorite e del successivo impatto su Marte, ma in rocce relativamente grandi, nascoste nelle profondità, queste coriacee tracce biologiche potrebbero essere sopravvissute senza

particolari problemi, come hanno provato alcuni esperimenti effettuati su rocce terrestri e buone quantità di esplosivo.

Secondo questo scenario, se contaminazione c'è stata, questa potrebbe essersi verificata ben prima che l'uomo comparisse e fosse in grado di mandare astronavi nello spazio. Menomale, ora stiamo un po' meglio!

La storia biologica di Marte e della Terra potrebbe essere più intrecciata di quanto sembri, perché sicuramente i due pianeti si sono scambiati milioni di tonnellate di rocce nel corso di miliardi di anni.

E allora, per concludere in bellezza aumentando l'incertezza e il mistero, facciamoci una domanda: chi ha contaminato chi? La Terra primordiale, molto più massiccia e grande, si è probabilmente raffreddata più lentamente di Marte. L'impatto violento con quel pianeta primordiale che ha poi generato la Luna ha rallentato lo sviluppo di condizioni adatte alla vita di qualche altro milione di anni.

Se il più piccolo e freddo Marte ha quindi sperimentato condizioni biologiche prima della Terra, è probabile che i primi microrganismi siano nati proprio qui.

E se i meteoriti marziani hanno inseminato la giovane e ancora desertica Terra delle prime forme di vita?

Se un giorno trovassimo dei microbi marziani fossilizzati più antichi di quelli terrestri e sorprendentemente simili, non ci sarebbe da stupirsi poi più di tanto… Potremmo averlo già fatto?

Le meteoriti marziane: tracce di vita passata?

Degli oltre 61.000 meteoriti rinvenute sulla Terra fino a questo momento (maggio 2013) 114 sono il risultato di quella carambola cosmica apparentemente assurda che ha portato pezzi di Marte fin qui in modo del tutto gratuito.

Le meteoriti marziane rinvenute appartengono a ere geologiche estremamente diverse, così che dal loro accurato studio possiamo sicuramente far miglior luce sull’evoluzione del nostro vicino cosmico.

E di indizi più o meno forti a supporto della vita ne abbiamo.

Tutti i meteoriti ritrovati contengono tracce di acqua, una quantità che cresce con l’aumentare dell’età delle rocce, confermando il modello di un pianeta un tempo molto più umido. La roccia denominata NWA 7034, ritrovata nei primi giorni del 2013 contiene circa 10 volte più acqua di tutti i meteoriti marziani finora scoperti. Il meteorite si sarebbe formato 2,1 miliardi di anni fa, da rocce poste probabilmente sul fondo di un antico lago.

La star dei meteoriti marziani è indubbiamente ALH 84001, staccatosi dal pianeta circa 16 milioni di anni fa e precipitato in Antartide appena 13.000 anni addietro. Attente osservazioni attraverso un microscopio elettronico a scansione nel 1996 hanno rilevato al suo interno tracce di quelli che subito si pensarono essere batteri fossilizzati.

La notizia del possibile ritrovamento di antiche tracce di vita su Marte fece così scalpore che persino il presidente degli Stati Uniti, Bill Clinton, fece una conferenza stampa sottolineando quanto importante fosse quel momento per l’intera umanità.

In realtà i mass media cavalcarono e ingigantirono a dismisura

tutto quanto, come al solito.

Come accade spesso quando c'è da confermare qualcosa di straordinario, ulteriori analisi fecero propendere gli scienziati del tempo verso una risposta più prudente. Se il meteorite mostrava tracce di vita (cosa da confermare), era probabile fosse dovuta a una contaminazione da parte dell'ambiente terrestre.

L'avvincente attimo di gloria di ALH 84001 si dissolse in breve tempo come neve al Sole, soprattutto tra l'opinione pubblica che di colpo smise di parlare di questo interessantissimo pezzo di roccia.

All'ombra dei riflettori (e questo è sempre un bene!), studi e ricerche proseguirono, perché nell'aria serpeggiava sempre la stessa roboante domanda, quel dubbio che non faceva dormire la notte molti scienziati: e se non sapessimo riconoscere la vita neanche quando ce l'abbiamo palesemente di fronte a noi, solo perché comprendiamo ancora troppo poco dei processi biologici?

Finalmente tra il 2009 e il 2011 sembra essere stato scritto un importante capitolo che potrebbe darci qualche elemento in più per decidere cosa rappresentino veramente quei piccoli vermi comodamente adagiati sulla roccia marziana.

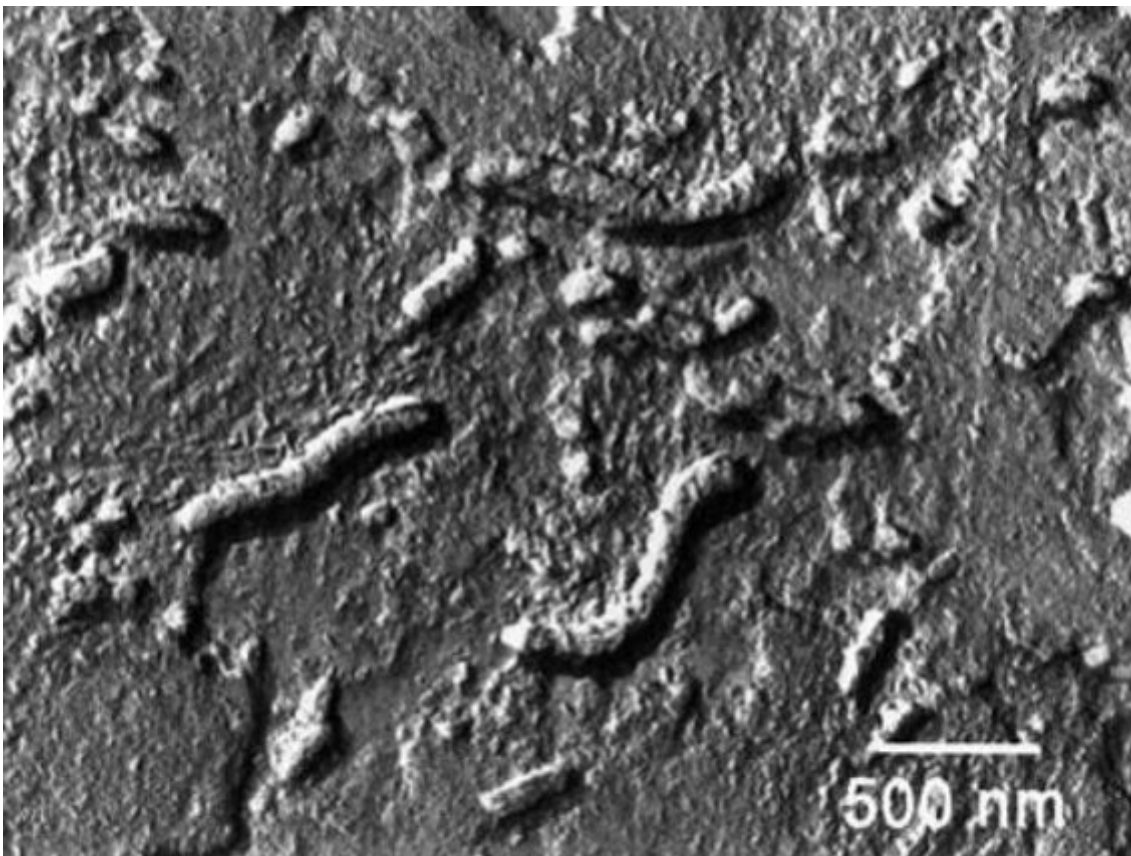
Un gruppo di studio della NASA è arrivato alla conclusione che quei filamenti possano effettivamente rappresentare antichissime tracce di vita. I composti trovati indicano che la roccia ha passato molto tempo in un ambiente umido, a una temperatura media di circa 18°C (di certo, quindi, non in Antartide!).

Alcune anomale concentrazioni nei pressi dei presunti fossili potrebbero rappresentare i prodotti di scarto di un'antichissima flora batterica.

A stupire maggiormente la datazione più precisa dei presunti

fossili: 4 miliardi di anni. Se quelle ritrovate sono tracce biologiche, significa allora con buona probabilità che la vita su Marte si è sviluppata prima che sulla Terra, proprio come detto del tutto ipoteticamente qualche pagina addietro.

Questi numeri ci dicono allora due cose, una più sorprendente dell'altra:

1) La vita per nascere non ha bisogno di molto tempo dopo la formazione di un pianeta adatto a ospitarla;
2) I meteoriti marziani, precipitati sulla Terra sin dagli albori del Sistema Solare, potrebbero aver contaminato un ambiente ancora sterile nel quale i processi biologici erano in ritardo di almeno 100 milioni di anni rispetto al pianeta rosso. Non sappiamo se i primitivi microrganismi marziani possano aver innescato la nascita della vita sul nostro pianeta o il processo era già in pieno svolgimento e inarrestabile, ma è affascinante pensare che le nostre primordiali origini potrebbero essere legate a un pianeta distante decine di milioni di chilometri.

I presunti batteri fossili trovati nel meteorite marziano ALH 84001 risalenti a 4 miliardi di anni fa.

Insomma, c’è o c’è stata vita su Marte?

Al termine di questa lunga disamina di Marte e del mistero della vita, quali sono le conclusioni?

La sensazione, forte, sulla quale non tutti potrebbero essere d’accordo, è che forse la vita l’abbiamo già trovata ma abbiamo troppi dubbi per ammetterlo la necessaria forza.

Indagini condotte con metodi diversi, in luoghi e tempi differenti portano sempre alle stesse conclusioni e questo non è di certo un caso.

Forse non disponiamo della cosiddetta “pistola fumante”, cioè di una o più prove inoppugnabili. Forse, però, siamo noi a essere un po’ troppo prudenti in questo campo. In effetti, se avessimo trovato tutti questi indizi sulla Terra, tutti sarebbero stati concordi nell’affermare che fossero tracce di vita.

Tutto quello che stiamo faticosamente e lentamente capendo porta in una stessa direzione che si basa su un punto ormai fermo: su Marte c’era una grande quantità d’acqua liquida, quindi la vita ha sicuramente trovato il modo di nascere in poco tempo.

Poi, quello che è successo da 3 miliardi di anni a questa parte ha sicuramente impedito un’evoluzione come quella che c’è stata sul nostro pianeta, un cammino che questa volta appare molto lungo e irto di ostacoli insormontabili. Con gli sconvolgenti cambiamenti climatici subiti, i microbi non hanno potuto far altro che cercare di sopravvivere, rimandando a un tempo infinito nel futuro qualsiasi velleità inconscia di evoluzione.

Il breve paradiso marziano di miliardi di anni fa potrebbe essere stato sufficiente per far sopravvivere fino ai giorni nostri quelle antichissime specie.

I nuovi risultati degli esperimenti delle sonde Viking sembrano offrire una solida base d’appoggio.

Il ritrovamento di canali acquiferi prosciugati da non più di qualche milione di anni e di caverne sotterranee al riparo dal freddo della notte e dalle radiazioni solari sono indizi che il pianeta, al di sotto del suo inospitale (per tutti?) clima desertico, ha probabilmente ancora alcuni assi nella manica da giocare. Se nel sottosuolo sembra ancora scorrere acqua liquida e abbonda il ghiaccio già a pochi centimetri dalla superficie, allora questa potrebbe rappresentare la speranza alla quale i piccoli microbi si sono aggrappati nella dura lotta per la sopravvivenza. È sufficiente schermare in qualche modo le radiazioni solari sul lungo termine per garantirsi un’esistenza tutto sommato tranquilla.

La conclusione, quindi, ritornando alla prudenza che impone la scienza, potrebbe essere la seguente: se non trovassimo conferma di tracce microbiche su Marte, almeno nel passato, sarebbe sicuramente un risultato sorprendente.

Nel prossimo volume

Neofiti: Il primo approccio con il binocolo

Costellazioni: Sagittario e Scudo

Astrofotografia: Introduzione all'imaging planetario

Ricerca: Determinare la temperatura delle macchie solari

Astrofisica: Le variabili pulsanti

Astronautica: L'esplorazione del Sole

Attualità: Vita elementare nel Sistema Solare – parte 2

Per vedere tutti i miei libri cliccare qui

Se vi siete persi gli altri volumi di astronomia per tutti, li trovate qui

Per consigli, critiche, suggerimenti o per inviare materiale (immagini, articoli) scrivetemi a info@danielegasparri.com